



Telma Sofia dos Santos Silva

(Licenciada em Engenharia Civil)

Inspeção e Reabilitação de Infraestruturas Ferroviárias

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil
– Ramo de Estruturas e Geotecnia

Orientadora: Doutora Simona Fontul, Professora Auxiliar

Júri:

Presidente: Professora Doutora, Ildi Cismasiu

Arguente: Professor Doutor, Silvino Capitão

Vogal: Professora Doutora, Simona Fontul



**FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

Dezembro de 2012

INSPEÇÃO E REABILITAÇÃO DE INFRA-ESTRUTURAS FERROVIÁRIAS

Copyright © Telma Sofia dos Santos Silva, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

“O encanto que envolve o mundo dos comboios é algo de absolutamente extraordinário, nos sonhos de uma criança. É magia...”

João Manuel Rosário de Matos *in site* da REFER, rubrica Pessoas – Histórias de Vida

Agradecimentos

A presente dissertação é o culminar de mais um objetivo académico e de vida a que me propus, o qual não seria possível sem a ajuda direta e indireta de diversas pessoas. Expresso os meus sinceros agradecimentos:

À Professora Doutora Simona Fontul, minha orientadora científica, pela aceitação desta tarefa, pela total disponibilidade, pelas sugestões, as críticas e as correções. Assim como, pela liberdade de ação, pelo apoio na superação dos diversos obstáculos, pela sua amizade, e acima de tudo pela partilha de conhecimentos, que foi decisiva para o meu desenvolvimento pessoal.

Aos meus pais, mãe M. Alice e pai Alberto, pela oportunidade, pelos sacrifícios e por me inculcarem a realização profissional e a necessidade de saber mais, como alguns valores que regem a minha vida.

À A. Margarida, minha irmã, pelo apoio e amizade neste meu percurso de vida, e que esta minha conquista te incentive a olhar o futuro com alegria, sabedoria e garra.

Ao meu amigo e namorado, Ricardo Piló, por ter partilhado esta “viagem” comigo, por ter estado literalmente ao meu lado, pela paciência, pelos sacrifícios e principalmente pelo amor. Os dois conseguimos...

Às amigas A. Gabriela e A. Carolina, amigas de aventuras e desventuras, pela força e amizade.

Resumo

A presente dissertação pretende ser um contributo para o desenvolvimento de uma metodologia de apoio às ações de inspeção e reabilitação das vias ferroviárias balastradas em serviço, através da criação de uma Ficha de Inspeção Visual Detalhada, com o intuito de reunir toda a informação necessária para a constituição de uma base de dados fidedigna e realista, permitindo corretas tomadas de decisão por parte das entidades competentes.

A modernização de uma rede ferroviária implica a realização de várias intervenções nas linhas existentes, entre estas, incluem-se as campanhas de inspeção e as obras de reabilitação da plataforma existente e dos elementos que constituem a superestrutura.

É objetivo das campanhas de inspeções visuais e da monitorização da via, detetar irregularidades e falhas na via atempadamente, i.e., as inspeções sistemáticas promovem a correta prevenção. Perante o nível de gravidade, essas falhas devem ser mantidas abaixo dos valores limites pré-definidos pelas normas existentes (*limite de ação imediata; limite de intervenção; limite de alerta*), ou até mesmo suprimidas. Neste sentido, devem ser traçados planos de manutenção, de modo a impossibilitar o agravamento das falhas e evitando ações de reabilitação ou renovação que representem custos elevados e de difícil previsão. As técnicas RAMS (*Reliability, Availability, Maintainability and Safety*) têm sido extensivamente aplicadas no campo da gestão de manutenção de infraestruturas ferroviárias, pois permitem a previsão de falhas a partir da observação de dados operacionais.

Após a reabilitação pretende-se que a via-férrea responda adequadamente às novas exigências, relacionadas com o aumento das cargas máximas por eixo, com o aumento do volume de tráfego e com a necessidade de permitir a circulação a velocidades adequadas. De forma simplista, a reabilitação tem por missão maximizar a disponibilidade da infraestrutura com elevados níveis de segurança e qualidade a um custo otimizado. A reabilitação baseia-se assim num conjunto de ações programadas de modo a minimizar a probabilidade de ocorrência de avarias dos equipamentos e sistemas, bem como conhecer o seu estado de fiabilidade.

Palavras-chave: Qualidade Geométrica da Via; Monitorização Ferroviária; Inspeção Visual; Metodologias de Manutenção; Análise de Custos do Ciclo de Vida Útil.

Abstract

The main purpose of the present dissertation is to contribute to the development of a methodology to support the inspection and rehabilitation of ballasted rail tracks in service, through the creation of a Detailed Visual Inspection Form, in order to gather all the necessary information to create a reliable and realistic database, allowing correct decisions by the experts.

The modernization of a railway network requires the implementation of various interventions on existing lines, among them are included the inspection campaigns and the rehabilitation of track substructure and superstructure.

It is the main goal of the visual inspections and railway track monitoring, to detect irregularities and flaws as well as their evolution in time. Thus, the systematic inspections promote proper prevention. According to their severity levels, the failures must be controlled or repaired in order to remain under pre-defined limits, such as immediate action limit, intervention limit and alert threshold. Therefore, maintenance actions should be plan, in order to prevent the increasing of failures and to avoid significant rehabilitation actions, that usually require high costs and are difficult to predict. The RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety) techniques have been extensively applied in the field of maintenance management of rail infrastructure for prediction of failures based on the observation of operational data.

It is intended that after rehabilitation, the track responds adequately to the new requirements related to the increase of the maximum axle loads, maximum speed and volume of traffic. In simple terms, the rehabilitation mission is to maximize the availability of infrastructure with high safety and quality levels and at optimized cost. The rehabilitation consists in a number of actions planned to minimize the probability of failure of equipment and systems, and to gather information on the reliability of the track.

Keywords: Track Geometrical Quality; Railway Monitoring; Visual Inspection; Maintenance Methodologies; Life Cycle Cost Analysis.

Índice

1 Introdução	1
1.1 Fundamentação e Enquadramento do tema.....	1
1.2 Motivações e Objetivos do trabalho.....	5
1.3 Organização da Dissertação	5
2 A Via Ferroviária: Constituição e Sistemas	7
2.1 Considerações Gerais.....	7
2.2 Elementos de Via	9
1.3.1 Superestrutura.....	10
1.3.2 Subestrutura.....	24
2.3 Sistema Ferroviário	28
2.3.3 Via Balastrada	29
2.3.4 Via em Laje	30
2.3.5 Via de Apoio Misto	36
2.4 Inovações na Via Balastrada	37
2.5 Considerações Finais	40
3 Sistemas de Inspeção de Via Férrea	41
3.1 Considerações Gerais.....	41
3.2 Avaliação da Qualidade Geométrica da Via	43
3.2.1 Parâmetros Geométricos.....	43
3.2.2 Valores Limite de Avaliação da Via.....	47
3.3 Veículos de Inspeção da Via (VIV)	51
3.3.1 VIV - Manuais.....	53
3.3.2 VIV – Automáticos	55
3.4 Equipamentos Não Destrutivos de Avaliação da Condição da Via.....	59
3.4.1 Defletómetro de Impacto (FWD – Falling Weight Deflectometer).....	59
3.4.2 Defletómetro de Impacto Ligeiro (DIP - Defletómetro de Impacto Portátil)	61
3.4.3 Radar de Prospeção (GPR - Ground Penetrating Radar)	62
3.5 Considerações Finais	65

4 Sistemas de Reabilitação da Via Férrea.....	67
4.1 Considerações Gerais.....	67
4.2 Metodologias de Manutenção	68
4.3 Irregularidades da Via.....	71
4.4 Atividades de Reabilitação.....	77
4.4.1 Equipamentos de Reabilitação da Via Balastrada	81
4.5 Considerações Finais	84
5 Metodologias de Gestão da Via	87
5.1 Considerações Gerais.....	87
5.2 Sistemas de Gestão Integrada da Via	88
5.3 Ações de Prolongamento do Ciclo de Vida	92
5.4 A Importância da Análise de Custos do Ciclo de Vida.....	93
5.5 Considerações Finais	98
6 Ficha de Inspeção Visual	101
6.1 Considerações Iniciais.....	101
6.2 Desenvolvimento de Ficha de Inspeção Visual.....	101
6.2.1 Ficha A – Identificação e Características Gerais da Via.....	102
6.2.2 Ficha B – Obras de Beneficiação	107
6.2.3 Ficha C – Avaliação e Registo das Anomalias e suas Causas	109
6.3 Desenvolvimento de Ficha de Inspeção - EM120.....	112
6.3.1 Ficha D – Avaliação e Registo de Anomalias	113
6.4 Considerações Finais	119
7 Conclusões e Desenvolvimentos Futuros	121
7.1 Conclusões Gerais.....	121
7.2 Desenvolvimentos Futuros.....	122
Referências Bibliográficas	125
Anexo A	131
Léxico/Glossário.....	131
Anexo B	149
FIV – Ficha de Inspeção Visual	149

Índice de Figuras

1 Introdução	1
Figura 1.1: Rede Ferroviária Nacional, REFER [REFER, 2012].....	3
2 A Via Ferroviária: Constituição e Sistemas	7
Figura 2.1: Via Permanente Ferroviária [adaptado de Leal, 2008].....	8
Figura 2.2: Perfil Transversal Esquemático da Via balastrada [adaptado de Paixão e Fortunato, 2009]	8
Figura 2.3: Perfil longitudinal esquemático da via balastrada [adaptado de Fortunato, 2005].	10
Figura 2.4: Tipos de Carril [adaptado de Fontul, 2008].....	10
Figura 2.5: Carril Vignole [adaptado de Paixão e Fortunato, 2009].....	11
Figura 2.6: Distribuição de carga tipo nas travessas adjacentes ao ponto de aplicação de carga [adaptado de Vale, 2010]	13
Figura 2.7: Travessas de Madeira [Flickr, 2012].....	13
Figura 2.8: Travessas de Betão [Vale, 2010].....	14
Figura 2.9: Travessas Metálicas [Flickr, 2012].....	15
Figura 2.10: Travessas Polivalentes [adaptado de Fontul, 2010].....	15
Figura 2.11: Tala de Junção [Fontul, 2010].....	16
Figura 2.12: Posição relativa das Talas de Junção [Leal, 2008]	16
Figura 2.13: Esquema de fixação rígida, adaptado de [Pita, 2006; Fontul, 2010].....	17
Figura 2.14: Fixações Elásticas [Railway-Technology, 2012].....	17
Figura 2.15: Esquema da constituição de um desvio de via simples [adaptado de Picado, 2007]	19
Figura 2.16: Contracarris e cróssima [adaptado de Fontul, 2010].	20
Figura 2.17: Aspecto de AMV's de alta velocidade em via em laje [adaptado de Paixão e Fortunato, 2009].....	20
Figura 2.18: Contaminação da camada de balastro, [adaptado de Fortunato, 2005].	21
Figura 2.19: Ensaio Los Angeles, resistência à fragmentação, [adaptado de Fontul, 2010].....	22
Figura 2.20: Ensaio Micro-Deval, resistência ao desgaste [adaptado de Fontul 2010].....	22
Figura 2.21: Definição da espessura total das camadas de balastro e de sub-balastro (UIC719Rb, 2008) [adaptado de Vale 2010].	23

Figura 2.22: Soluções de subestrutura para vias de alta velocidade com sub-balastro betuminoso [adaptado de Teixeira, 2008].....	25
Figura 2.23: Comportamento a medio-longo prazo da plataforma [adaptado de Teixeira, 2008].	25
Figura 2.24: Exemplos de Geossintéticos [adaptado de Tavares, 2009; Fontul, 2010]	26
Figura 2.25: Representação do fenómeno de projeção do balastro – “flying ballast” [Fontul, 2010] ...	29
Figura 2.26: Via com carril embebido na estrutura – Família 1 [Vale, 2010]	31
Figura 2.27: Via da Família 2 [Vale, 2010]	32
Figura 2.28: Via Rheda 2000 – Família 3 [Vale, 2010]	32
Figura 2.29: Via Züblin, introdução das travessas na laje por vibração – Família 4 [Vale, 2010]	32
Figura 2.30: Via GETRAC em construção - Família 5 [Vale, 2010]	33
Figura 2.31: Via BTB com e sem balastro – Família 5 [Vale, 2010]	33
Figura 2.32: Pormenor da via STEDEF em construção [Vale, 2010]	33
Figura 2.33: Sistema de via Bögl [Vale, 2010; Paixão e Fortunato, 2009]	34
Figura 2.34: Via Shinkansen [Vale, 2010]	34
Figura 2.35: Via AFTRAV [Vale, 2010]	35
Figura 2.36: Via ÖBB-Porr em túnel [Vale, 2010; Paixão e Fortunato, 2009]	35
Figura 2.37: Solução alemã de travessas, Wide Sleepers Track [Paixão; Fortunato, 2009]	38
Figura 2.38: Solução austríaca de travessas, Sleeper-frame [Fontul, 2010; Paixão e Fortunato, 2009]	38
Figura 2.39: Contacto contínuo entre a travessa e o balastro, conferido pela solução Japonesa Ladder Trac [Paixão e Fortunato, 2010]	39
Figura 2.40: Soluções com palmilhas elásticas com rigidez variável [Fontul, 2010]	39

3 Sistemas de Inspeção de Via Férrea 41

Figura 3.1: Nivelamento Longitudinal [IT.VIA.018, 2009]	43
Figura 3.2: Nivelamento Longitudinal [Teixeira, IST]	44
Figura 3.3: Nivelamento Transversal [IT.VIA.018, 2009]	44
Figura 3.4: Bitola [IT.VIA.018, 2009]	45
Figura 3.5: Bitola, [RAVE, 2008 citado por Fontul, 2010]	45
Figura 3.6: Alinhamento [IT.VIA.018, 2009]	45
Figura 3.7: Empeno [IT.VIA.018, 2009]	46
Figura 3.8: Valores máximos de empeno em função da base de medição e da velocidade (v) [adaptado de ETI, 2008]	48
Figura 3.9: Trolley – equipamento de avaliação de via [PROTUSEC, 2012]	53
Figura 3.10: Laserrail – Equipamento de avaliação do carril [RT, 2012; PR, 2012]	54
Figura 3.11: MiniProfRail – Medição de parâmetros geométricos da via [Greenwood,2012]	55
Figura 3.12: Veículo de Inspeção da Via do tipo EM120-REFER [adaptado, Fontul 2010; REFER, 2001]	56
Figura 3.13: IRIS320 – Veículo de Avaliação de Via [Fontul, 2010]	58

Figura 3.14: Tratamento de dados aquando da avaliação da via com o IRIS320 [Fontul, 2010].....	58
Figura 3.15: Defletómetro de impacto pesado do LNEC [Fortunato, 2005; Fernandes, 2011]	59
Figura 3.16: a) Aspecto do defletómetro de impacto (<i>FWD</i>) aplicado na avaliação da rigidez da via na travessa [Burrow et al, 2007] b) Avaliação da rigidez entre travessas [Fortunato e Fontul, 2012]	61
Figura 3.17: Aspecto do defletómetro de impacto portátil (<i>DIP</i>) do LNEC e do respetivo equipamento de aquisição de dados [adaptado de Fortunato, 2005].....	61
Figura 3.18: Antenas de 500 MHz -e de 900 MHz, respetivamente [Fontul et al., 2012a]	63
Figura 3.19: Princípio de funcionamento e aspeto geral do GPR [Pedrosa, 2009; Fontul et al., 2012a]	63
Figura 3.20: Estado da aplicação do georadar a infra-estruturas de transporte na Europa [Pedrosa, 2009].....	64
Figura 3.21: Aspecto do radar de prospeção (<i>GPR</i>) aplicado na avaliação da via-féreea equipamento, a esquerda, e resultados da medição, a direita [Fortunato e Fontul, 2012].....	65

4 Sistemas de Reabilitação da Via Férrea..... 67

Figura 4.1: Processo de deterioração e restauro da via [adaptado de Rivier, 2005].....	71
Figura 4.2:Tache ovale [Teixeira, IST]	73
Figura 4.3: Fendilhação Horizontal [Teixeira, IST].....	74
Figura 4.4: Desgaste ondulatório [Fontul, 2010]	74
Figura 4.5: Fenómeno de Piping [Simões, 2008].....	75
Figura 4.6: Secção esquemática do carril com desgaste lateral [Simões, 2008]	76
Figura 4.7: Descamação do carril [Slideshare, 2012]	76
Figura 4.8: Fragmentação da superfície do carril [SlideShare, 2012].....	76
Figura 4.9: Lubrificação do carril [Fontul, 2010].....	78
Figura 4.10: Deslocamento Transversal da via [RT@, 2012]	79
Figura 4.11: Substituição integral da via [RT@, 2012].....	80
Figura 4.12: Tombo da via [Fontul, 2010]	80
Figura 4.13: Niveladora [Simões, 2008]	81
Figura 4.14: Depuradora de Balastro [Simões, 2008].....	82
Figura 4.15: Atacadeira [Simões, 2008]	83
Figura 4.16: Esmeriladora [Simões, 2008]	84

5 Metodologias de Gestão da Via 87

Figura 5.1: Processo de gestão [Baldeiras, 2008]	88
Figura 5.2: Dados e objectivos principais de um Sistema de Gestão Integrado de Vias-férreas [Rivier, 2002].....	89
Figura 5.3: Degradação da via ao longo do tempo segundo a UIC [Aribau, 2004]	92

Figura 5.4: Custos totais anuais de manutenção e renovação da via-férrea [adaptado de Esveld, 2001].....	94
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

6 Ficha de Inspeção Visual 101

Figura 6.1: Organograma da organização geral da FIV.....	102
Figura 6.2: Organograma da organização da FICHA A da FIV	102
Figura 6.3:Dados Gerais, FICHA A	103
Figura 6.4: Local de Implantação, FICHA A.....	103
Figura 6.5: Exemplo1 de preenchimento Local de Implantação, FICHA A.....	103
Figura 6.6: Exemplo2 de preenchimento Local de Implantação, FICHA A.....	104
Figura 6.7: Zonas climáticas de Inverno e de Verão [RCCTE – Anexo III].....	104
Figura 6.8: Exemplo de preenchimento da Tipologia de via, FICHA A.....	105
Figura 6.9: Tipologia de Linha, FICHA A.....	105
Figura 6.10: Exemplo de preenchimento da Tipologia de Linha, FICHA A	105
Figura 6.11: Exemplo de preenchimento de Elementos do Traçado, FICHA A.....	106
Figura 6.12: Exemplo de preenchimento Tipologia da Estrutura Transversal da via, FICHA A.....	106
Figura 6.13: Exemplo1 de preenchimento Elementos de Via, FICHA A.....	107
Figura 6.14: Exemplo2 de preenchimento de Elementos de Via, FICHA A.....	107
Figura 6.15: Exemplo de preenchimento de Outros Elementos de Via, FICHA A.....	107
Figura 6.16: Organograma da organização da FICHA B da FIV	108
Figura 6.17: Exemplo de preenchimento Elementos da superestrutura, FICHA B.....	109
Figura 6.18: Organograma da organização da FICHA C da FIV	109
Figura 6.19: Exemplo de preenchimento Anomalias, FICHA C	110
Figura 6.20: Causas das Anomalias, FICHA C	110
Figura 6.21: Esquema representativo de uma via férrea em planta, FICHA C.....	111
Figura 6.22: Excerto do registo de uma campanha de inspeção realizada pela EM120 [REFER, 2012]	112
Figura 6.23: Organograma da organização da FICHA D da FIV – EM120.....	113
Figura 6.24: Exemplo esquemático dos registos da EM120: de micro-análise (100m) e macro- análise (valores de DP dos parâmetros em 200m),	114
Figura 6.25: Significados das abreviaturas usadas na FICHA D	114
Figura 6.26: Excerto da FICHA D, NivLE	115
Figura 6.27: Exemplo de preenchimento da FICHA D – NivLE	115
Figura 6.28: Equema representativo da via-férrea balastrada.....	116
Figura 6.29: Exemplo de registo dos valores de NivLE ao longo de 10m	116
Figura 6.30: TQI – via T1 [Fontul, 2012]	117
Figura 6.31: TQI – via T2 [Fontul, 2012]	118
Figura 6.32: Exemplo de visualização de informação integrada de uma zona da via-ferrea [Roadascanners, 2012]	118

Índice de Quadros

2 A Via Ferroviária: Constituição e Sistemas 7

Quadro 2.1: Categoria de palmilhas em função da rigidez dinâmica vertical, segundo a NP-EN134581-2 (2009)	18
Quadro 2.2: Representação de Acções de Guiamento dos Veículos [adaptado de Fontul, 2010]	19
Quadro 2.3: Determinação da espessura de balastro e de sub-balastro segundo a (UIC719Rb, 2008) [adaptado de Vale, 2010]	23
Quadro 2.4: Classe de capacidade de carga da plataforma, [UIC, 2008]	27
Quadro 2.5: Características dos Solos [Fortunato, 2005]	28

3 Sistemas de Inspeção de Via Férrea 41

Quadro 3.1: Valores limite de variação de bitola [ETI, 2008]	49
Quadro 3.2: Tolerâncias dos parâmetros geométricos para linhas de bitola 1668mm e 1435mm – Ação de Alerta [adaptado de IT.VIA.018, 2009]	50
Quadro 3.3: Tolerâncias dos parâmetros geométricos para linhas de bitola 1668mm e 1435mm – Ação de intervenção [adaptado de IT.VIA.018, 2009]	50
Quadro 3.4: Tolerâncias dos parâmetros geométricos para linhas de bitola 1668mm e 1435mm – Ação imediata [adaptado de IT.VIA.018, 2009]	51
Quadro 3.5: Níveis de Qualidade da via [Fortunato, 2005]	57

5 Metodologias de Gestão da Via 87

Quadro 5.1: Custo de alguns elementos da via-férrea [adaptado de Aribau, 2004]	96
Quadro 5.2: Custo Total de alguns elementos para uma via-férrea com 471 km [adaptado de Aribau, 2004]	96
Quadro 5.3: Custo dos principais equipamentos de renovação da via-férrea [adaptado de Aribau, 2004]	97
Quadro 5.4: Custos de manutenção linhas nacionais, REFER 2009	97
Quadro 5.5: Custos de manutenção linhas nacionais, REFER 2010	98
Quadro 5.6: Custos de manutenção linhas nacionais, REFER 2011	98

Simbologia

SIGLAS

AMV	Aparelho de Mudança de Via
AFTRAV	<i>Asociación Nacional de Fabricantes de Traviesas para Ferrocarriles</i>
AVE	<i>Alta Velocidad Española</i>
BC	<i>Barra Curta</i>
BLS	Barra Longa Soldada
BI	Bitola Ibérica
BR	<i>British Rail</i>
CP	Caminho de Ferro de Portugal
CBR	<i>Californian Bearing Ratio</i>
DIP	Defletómetro de Impacto Portátil
END	Ensaio Não Destrutivo
ETI	Especificação Técnica de Interoperabilidade
EV _i	Deformabilidade Equivalente
FIV	Ficha de Inspeção Visual
FWD	<i>Falling Weight Deflectometer</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GPR	<i>Ground Penetrating Radar</i>
HWD	Heavy Weight Deflectometer
IMU	<i>Inertial measuring unit</i>
INTF	Instituto Nacional do Transporte Ferroviário
IV	Inspeção Visual
λ	Comprimento de onda [m]
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LINE	Índice de Qualidade do Alinhamento
MVD	Mudança de Via Dupla
MVS	Mudança de Via Simples
NP	Norma Portuguesa

PN	Passagem de Nível
P_i	Classes das Plataformas Ferroviárias
QSi	Qualidade do Solo
RAMS	<i>Reliability, Availability, Maintainability and Safety;</i>
REFER	Rede Ferroviário Nacional
SHWD	<i>Super Heavy Weight Deflectometer</i>
TAMP	Índice de Qualidade do Nivelamento
TGV	<i>Train à Grande Vitesse</i>
TQI	<i>Track Quality Index</i> (Índice de Qualidade Global da via)
TRANSRAPID	Comboio de Sustentação Magnética
UIC	<i>Union Internationale des Chemins de Fer</i>
VA	Via Ascendente
VD	Via Descendente
VIV	Veículo de Inspeção da Via

Notações Latinas

D1	Banda com $1m \leq \lambda \leq 25 m$
D2	Banda com $25m \leq \lambda \leq 70 m$
e	Espessura da camada da plataforma [m]
k_v	Rigidez dinâmica vertical das palmilhas
l	Base de medição do empeno
L	Comprimento da travessa
n.a.	Não aplicável
V	Velocidade do veículo
Z_p	Distancia ao plano de rolamento do carril à qual se mede a bitola pontual

Capítulo 1

Introdução

1.1 Fundamentação e Enquadramento do tema

Em meados do século XVIII, com início na Grã-Bretanha, ocorreram um conjunto de mudanças de carácter tecnológico com profundo impacto no processo produtivo quer a nível económico quer social a que se chamou Revolução Industrial. Esta transformação proporcionou o liberalismo económico, a acumulação de capital e uma mudança radical nos meios de transporte terrestre que se limitavam até então à tração animal e que não respondiam à crescente necessidade de transportar elevadas cargas para locais cada vez mais longínquos [Leal, 2008].

Contudo, o desenvolvimento ferroviário implica grandes infraestruturas, cujos elevados custos apenas se justificam nas vias mais importantes. Durante as duas guerras mundiais, foi desferido um golpe fatal no mundo ferroviário, tendo abrandado e chegado mesmo a parar, ao longo de vários anos, a reestruturação das vias que permitisse a esperada democratização das viagens de comboio [Papazian, 2007].

Na Europa, no início dos anos 50, embora a reconstrução fosse uma prioridade absoluta, a maioria dos países não possuía meios financeiros necessários à modernização das suas linhas, dos materiais ferroviários e, ainda menos para a renovação de estações ou para instalações de segurança. Os caminhos-de-ferro europeus entraram num período de recessão com a concorrência despotada pelas vias rodoviárias, levando ao encerramento de inúmeras linhas ferroviárias ditas secundárias e não rentáveis. Este encerramento de linhas leva à criação de um novo conceito, a de património ferroviário, em nome da qual se tenta salvar do esquecimento linhas inteiras ou parte delas [Papazian, 2007].

Foi preciso esperar pelo início dos anos 80 para ser perceptível o princípio da mudança. As crises do petróleo e as suas consequências, bem como as preocupações dos administradores das companhias ferroviárias com o futuro destas, levaram a uma redescoberta das virtudes dos caminhos-de-ferro. As noções de qualidade de vida, poluição, palavras de ordem que hoje em dia se tornaram preocupações

políticas, levou ao rejuvenescimento deste meio de transporte coletivo. Surgem também, materiais inovadores que mudam a imagem obscura provocada por anos de imobilização [Leal, 2008].

O desenvolvimento das ligações ferroviárias entre as principais cidades europeias levantou questões acerca da velocidade do comboio. A sua lentidão não era um atrativo, e as empresas responsáveis por estas ligações cedo tentaram melhorar os tempos de percurso, dotando-se de motores mais rápidos. Inúmeras melhorias foram realizadas de forma a aumentar a velocidade comercial dos comboios.

O aparecimento dos comboios de alta velocidade estabelece definitivamente a popularidade das locomotivas, que voltaram a passar por uma nova mutação. Na Europa, foram os franceses que sentiram necessidade de dotar o país com novas linhas destinadas à alta velocidade. Designados por *Train à Grande Vitesse (TGV)* começaram a ser entregues em 1978, durante a construção da nova linha entre Paris e Lyon. Pouco tempo antes da abertura deste troço, é batido o recorde mundial de velocidade com o valor de 381 km/h. Recentemente, o comboio de alta velocidade Francês, TGV, voltou a bater o seu próprio recorde de velocidade, atingindo 574,8 km/h na linha entre Paris e Estrasburgo.

Em Espanha, a alta velocidade tem origem num plano de transportes de 1987, que preconiza uma modernização das grandes linhas com origem na capital, Madrid. A primeira linha ferroviária foi inaugurada em 1992, ligando Madrid a Sevilha, tendo adotado a designação de *Alta Velocidad Española (AVE)*.

A eficácia do transporte ferroviário na União Europeia tem nos dias de hoje um interesse crucial. Com o objetivo de assistir os Estados-Membros no plano técnico e com vista a reforçar o nível de interoperabilidade e de segurança do sistema ferroviário europeu foi criada a 29 de Abril de 2004 a Agência Ferroviária Europeia. A existência de regras técnicas e de regras de segurança nacionais, incompatíveis entre si, constitui uma grande desvantagem para o desenvolvimento do sector. Compete à Agência aproximar progressivamente as regras técnicas e estabelecer objetivos comuns de segurança a atingir por todos os caminhos-de-ferro europeus.

O caminho-de-ferro surgiu em Portugal com empreendimentos privados, tendo mais tarde, as empresas sido fundidas na CP – Caminho de Ferro de Portugal. Quando a concorrência do serviço rodoviário expresso começou, tornou-se evidente que existia um segmento do mercado ao qual a CP não tinha resposta. Segmento este que se situava entre o que os serviços Alfa e Inter-Regional hoje oferecem.

No ano de 1997, na sequência da introdução de um novo quadro legal, foi operada uma profunda transformação no sector ferroviário. A CP – Comboios de Portugal passou a ser apenas responsável pela operação, assumindo a REFER – Rede Ferroviária Nacional, a função de entidade gestora da

infraestrutura, ficando com a obrigação legal da responsabilidade da manutenção, do planeamento e promoção de ações de novos investimentos ou de projetos de modernização da rede (Figura 1.1). E o INTF – Instituto Nacional do Transporte Ferroviário ficou com a regulação do sector.

A via-férrea portuguesa é composta essencialmente por vias largas, com uma bitola igual a 1,668 metros (BI), e por alguns trechos de via Estreita, de bitola de 1,00 metros.



Figura 1.1: Rede Ferroviária Nacional, REFER [REFER, 2012]

Portugal, seguindo o modelo de outros países da Europa, entre os quais se destacam a Espanha e a França, prevê a construção de uma rede de alta velocidade proporcionando-lhe a integração no sistema ferroviário transeuropeu de alta velocidade, constituído pelas infraestruturas ferroviárias, construídas ou adaptadas para serem percorridas, e pelo material circulante concebido para percorrer essas infraestruturas.

A rede de alta velocidade em Portugal, caso seja implementada, será exclusivamente, pela construção de linhas novas (categoria I - linhas especialmente construídas para a alta velocidade, equipadas para velocidades geralmente iguais ou superiores a 250 km/h), dado que o traçado das

linhas mais antigas é, de uma forma geral, inadequado para a circulação de comboios de alta velocidade.

No entanto, para fazer face às constantes exigências de circulação entre Lisboa e Porto, as duas principais cidades do país, optou-se por adaptar a linha do Norte de circulação de comboios a “velocidade alta” (categoria II - linhas especialmente adaptadas para a alta velocidade, equipadas para velocidades da ordem dos 200 km/h), pelo que desde 1995 se tem vindo a proceder a trabalhos de modernização na linha [Silva, 2005].

O aparecimento do conceito de alta velocidade ferroviária alterou todo o cenário de estagnação dos caminhos-de-ferro, impulsionando uma evolução significativa neste sector. Este desenvolvimento levou a uma consequente melhoria dos diferentes componentes da via-férrea, das características do material circulante e dos vários tipos de sistemas de apoio à operação e manutenção. Novas fronteiras têm vindo a ser conquistadas, não só ao nível dos sistemas de transportes, mas também em diversas áreas da engenharia ferroviária [Alves, 2010].

A manutenção da via balastrada tem sido um fator importante na área de ferrovias. Foi no início do século XX que surgiu o primeiro equipamento mecanizado de modo a proporcionar à via balastrada um prolongamento da sua vida útil. Com o avanço tecnológico de hoje é possível encontrar todo o tipo de equipamentos de modo a manter a subestrutura e superestrutura capazes, que vão desde limpeza de balastro, à alteração de parâmetros geométricos, que proporcionam maior conforto e estabilidade ao passageiro.

O desempenho das vias férreas resulta de uma complexa interação dos componentes do sistema, superestrutura/subestrutura, em resposta às solicitações impostas pela circulação dos comboios e às variações das condições climáticas.

Uma consequência lógica das maiores exigências atuais, quer ao nível do desempenho estrutural (cargas mais elevadas e mais frequentes e velocidade de circulação superior), quer ao nível da otimização da utilização dos recursos económicos, é o aparecimento de defeitos e o aumento de desgastes na via ao longo do tempo, o que promove a necessidade de equacionar de uma forma mais científica os problemas relacionados com o comportamento do balastro e da subestrutura ferroviária. No transporte ferroviário, o contacto roda-carril causa desgaste em ambos os elementos, sendo que as tensões de contato, que ocorrem numa pequena área, são responsáveis pelo surgimento de muitos defeitos nos carris, sendo necessário em algumas situações a substituição destes [Macêdo, 2009].

Devido ao elevado custo do material e da manutenção, a engenharia ferroviária tem vindo a estudar e a testar meios de atenuar estes problemas sem afetar o desenvolvimento do sistema. O que estes estudos buscam são meios de aumentar a vida útil da via-férrea, adiando a sua substituição e assim

reduzir os custos de manutenção, pois a vida útil dos elementos da via está relacionada com seu limite de desgaste.

Assim, o projeto de reabilitação de uma infraestrutura ferroviária deve ser realizado com base no tráfego previsível durante o período para o qual é feito o dimensionamento e nas características dos materiais envolvidos. Nesta perspetiva, a caracterização geotécnica é uma atividade fundamental.

1.2 Motivações e Objetivos do trabalho

O trabalho desta dissertação insere-se no âmbito da engenharia de infraestruturas ferroviárias, com destaque para os sistemas de inspeção e reabilitação.

Neste trabalho pretende-se desenvolver uma metodologia, adaptada às condições portuguesas, para estudar o problema da inspeção e renovação das vias férreas, a realizar no âmbito da modernização das linhas. Assim, foi desenvolvida uma ficha de inspeção visual de apoio à monitorização da via e integração com os resultados obtidos com os veículos automáticos de inspeção.

Os objetivos gerais do presente estudo passam pela apresentação e análise das técnicas de inspeção de via, dos parâmetros medidos e das respetivas medidas de reabilitação. São também referidos aspetos ligados à construção de infraestruturas novas e o respetivo controlo de qualidade. Será feita uma análise integrada da estrutura ao longo do seu ciclo de vida.

De modo a cumprir estes objetivos procedeu-se a uma recolha bibliográfica, de forma a obter um conhecimento aprofundado dos meios e abordagens aplicadas atualmente, com vista a melhorar a implementação de uma aproximação global para a gestão da manutenção e da conservação do sistema ferroviário.

1.3 Organização da Dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos.

No Capítulo 1, "*Introdução*", fundamenta-se o assunto da dissertação, refere-se o âmbito e os objetivos do trabalho e por fim, apresenta-se a organização da tese.

No Capítulo 2, "*A Via Ferroviária: Constituição e Sistemas*", refere-se as características dos elementos constituintes da via dita tradicional, faz-se a descrição e comparação dos sistemas de via balastrada, da via em laje e da via mista e apresentam-se ainda as inovações da via balastrada. A informação deste capítulo é traduzida pela recolha bibliográfica.

No Capítulo 3, “*Sistemas de Inspeção da Via Férrea*”, faz-se uma avaliação da qualidade geométrica da via, onde se apresentam os parâmetros geométricos a ter em conta aquando das inspeções e os respetivos limites de alerta que permitem caracterizar a qualidade geométrica de vias ferroviárias.

Expõe-se ainda informação sobre os veículos de inspeção e os equipamentos de avaliação da condição da via que se encontram disponíveis atualmente.

No Capítulo 4, “*Sistemas de Reabilitação da Via Férrea*”, descrevem-se os tipos de manutenção tendo em conta o estado da via, as irregularidades mais vulgares da via e as respetivas atividades de reabilitação com fim a finalidade de as suprimir.

No Capítulo 5, “*Metodologias de Gestão de Via*” reúne-se bibliografia de vários autores e apresenta-se uma síntese dos Sistemas de Gestão Integrada da via frequentemente utilizados pelas operadoras ferroviárias em Portugal. Destaca-se a importância da análise de custos ao longo da vida útil da via-férrea.

No Capítulo 6, “*Ficha de Inspeção Visual Detalhada*”, desenvolve-se uma ficha de inspeção visual detalhada, com o intuito de proceder ao levantamento e caracterização de patologias em via-férrea balastrada. Esta ficha reúne três fases de informação, *Ficha A* – identificação e características gerais; *Ficha B* – Obras de beneficiação; *Ficha C* – Avaliação e Registo de anomalias e suas causas. Neste capítulo, apresenta-se ainda uma ficha de inspeção (*Ficha 1*) que reúne informação recolhida pela EM120.

No Capítulo 7, “*Conclusões e Desenvolvimentos Futuros*”, são apresentadas as principais conclusões obtidas neste trabalho e referidos alguns desenvolvimentos futuros.

Na parte final da dissertação apresenta-se o Anexo A: “*Léxico/Glossário*”, onde se apresentam, por ordem alfabética, várias definições presentes ao longo deste trabalho, de modo a facilitar a leitura e interpretação, e o Anexo B: “*Ficha de Inspeção Visual Detalhada*”, abordada ao longo do Capítulo 6.

Capítulo 2

A Via Ferroviária: Constituição e Sistemas

2.1 Considerações Gerais

A via ferroviária é um sistema extremamente complexo, composto por diversas áreas que interagem entre si com o mesmo objetivo, que se traduz na circulação de comboios, garantindo-lhes condições mínimas para que esta se efetue com segurança, economia e conforto.

Este sistema não é apenas composto pela via, mas também pelas áreas de operação, do suporte administrativo e manutenção, todas elas com características distintas.

A operação contempla a parte de circulação, encontrando-se interligada com o Centro de Controlo, unidade que faz o planeamento operacional da circulação. Este Centro de Controlo atua no dia-a-dia por forma a melhorar as rotas, a alocação adequada de equipamentos, a alocação mais económica de locomotivas e comboios, e a concessão de intervalos de manutenção [Henriques, 2006].

O desempenho económico da via-férrea está diretamente ligado ao seu nível de rendimento em relação a menores interrupções no tráfego da via permanente, onde circulam as composições.

A via permanente é a obra civil necessária à implantação da via-férrea, sendo a primeira integrante da segunda. Na Figura 2.1 apresenta-se um perfil transversal tipo de uma via permanente.

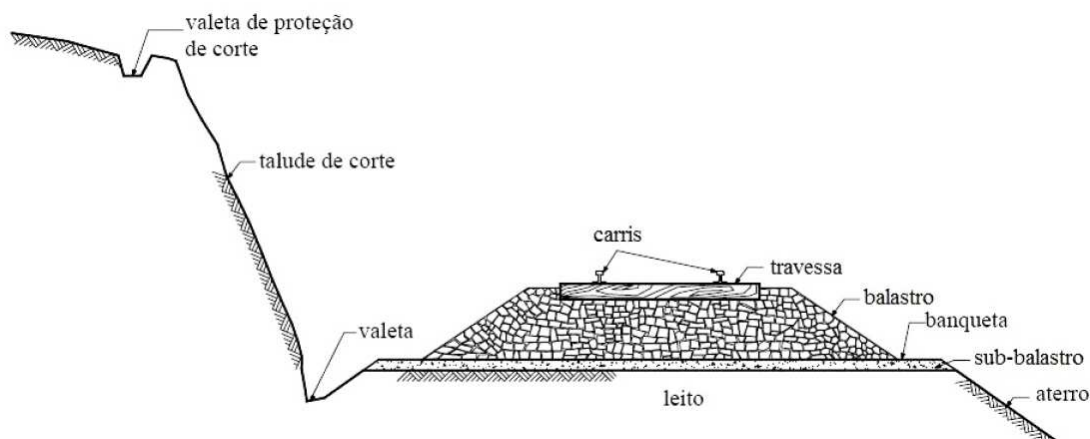


Figura 2.1: Via Permanente Ferroviária [adaptado de Leal, 2008]

Considera-se que a estrutura da via-férrea consiste no conjunto de instalações e equipamentos que compõem a superestrutura e a subestrutura ferroviária. São elementos que constituem a primeira, o denominado armamento e o balastro, onde o armamento da via é comumente constituído pelos carris, travessas, palmilhas, sistema de fixação carril - travessa e ainda pelos aparelhos de mudança de via (AMV). A segunda parte da via é constituída pelo sub-balastro e pela fundação, também conhecida por leito da via ou coroamento. A Figura 2.2 representa um perfil transversal da via balastrada, onde é possível observar as camadas mais correntes, nas vias-férreas.

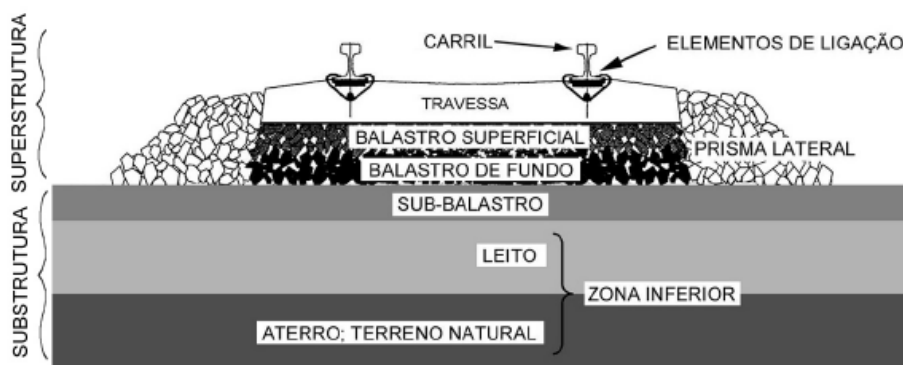


Figura 2.2: Perfil Transversal Esquemático da Via balastrada [adaptado de Paixão e Fortunato, 2009]

O principal motivo de se adotar esta divisão, entre subestrutura e superestrutura, prende-se com o facto de que tanto a via balastrada, como a via não balastrada (via em laje) apresentarem características semelhantes para a subestrutura, pelo que se pode afirmar que as diferenças morfológicas entre estas soluções se encontram principalmente na superestrutura [Paixão e Fortunato, 2009].

O dimensionamento da subestrutura requer a utilização de materiais com determinados requisitos de qualidade que assegurem o bom comportamento estrutural relativamente às diferentes solicitações, e que garantam um bom funcionamento a longo prazo de toda a estrutura.

A fundação é, em geral, formada por solos locais, granulares ou argilosos. A camada de coroamento é habitualmente constituída por um solo de boa qualidade, sendo igual ao da plataforma quando este apresenta os requisitos mínimos a ser utilizado [UIC719R, 2008]. Por fim, a camada de sub-balastro é composta por materiais de qualidade elevada, em geral de origem granular ou recorrendo-se, em alguns casos, ao uso de misturas betuminosas.

Em caso de presença de solos de fundação de fraca qualidade, as normas ferroviárias sugerem um aumento da camada de sub-balastro ou coroamento, de modo a garantirem-se as condições mínimas estruturais e a durabilidade da subestrutura.

No que se refere aos aspetos técnicos da via-férrea, verifica-se atualmente uma crescente tendência para a instalação de novas soluções de superestrutura sobretudo para novas linhas de alta velocidade. Estas soluções apresentam novos materiais e soluções construtivas melhoradas relativamente a solução tradicional de via-férrea balastrada. São soluções cujas vantagens se centram na racionalização de custos globais, tendo em conta o ciclo de vida das estruturas e as crescentes exigências impostas à operação ferroviária [Paixão e Fortunato, 2009].

Simplificadamente, as soluções de via resumem-se às seguintes:

- Via balastrada;
- Via não balastrada ou via em laje;
- Via de apoio misto.

Neste capítulo, descrevem-se os elementos que compõem a via-férrea, em particular a via balastrada tradicional, as suas características e o modo como funcionam. A análise comparativa e detalhada, das diferentes soluções construtivas de via é apresentada no subcapítulo 2.3, onde são apontadas algumas vantagens e desvantagens em relação à dita via tradicional.

2.2 Elementos de Via

O sistema ferroviário nasce da interação entre a via-férrea e o material circulante, sendo portanto imperativo garantir que todos os elementos presentes numa via assegurem determinada função, no sentido de proporcionar um bom funcionamento global e equilibrado para a passagem do tráfego.

Ao longo da vida útil da estrutura férrea será notória uma redução da qualidade dos seus materiais constituintes devido a ações externas, identificando-se através do estado de tensão - deformação. Este estado tensão-deformação resulta da ocorrência de ações de rotura por fadiga e da ocorrência de deformações permanentes na superfície da via.

Neste sentido, distinguem-se as funções da superestrutura e da subestrutura, apresentando uma descrição detalhada dos elementos que as constituem [Figura 2.3].

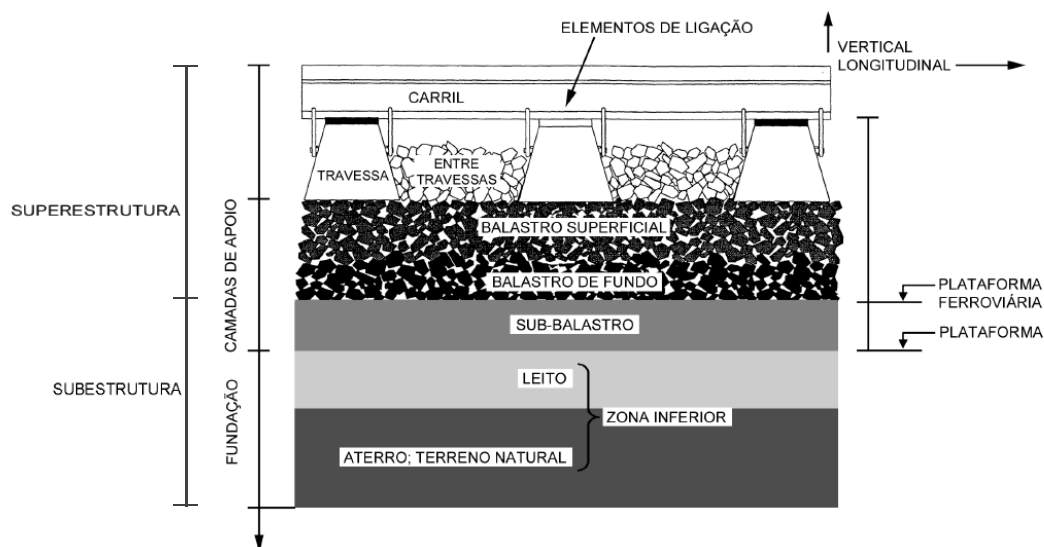


Figura 2.3: Perfil longitudinal esquemático da via balastrada [adaptado de Fortunato, 2005].

1.3.1 Superestrutura

Em sentido lato, a superestrutura tem como principal função receber as tensões provenientes da carga nos carris e dissipá-las em profundidade. A superestrutura é formada pela camada de balastro, pelas travessas, pelos sistemas de fixação e pelos carris, cada um destes elementos suporta direta ou indiretamente as ações externas aplicadas à estrutura férrea. Desta forma, os esforços gerados transmitem-se para a plataforma.

Carris

Os carris são os elementos da via permanente em aço que sustentam e guiam o material circulante no seu trajeto. Este elemento estrutural funciona como uma viga contínua suficientemente rígida, de modo a transmitir, aos elementos subjacentes, as ações verticais, transversais e longitudinais que recebe do material circulante, bem como os esforços de origem térmica.

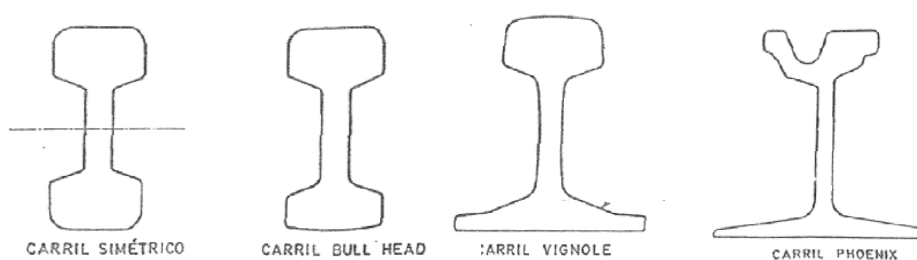


Figura 2.4: Tipos de Carril [adaptado de Fontul, 2008]

O carril *Vignole*, esquematizado na Figura 2.4, é o mais utilizado atualmente e está instalado na maioria das redes ferroviárias europeias, sendo os mais usados o 54 E1 (UIC 54) e o 60 E1 (UIC 60) e, que se caracterizam através do seu peso por metro linear (54 kg/ml e 60 kg/ml, respetivamente) [Esveld, 2001].

Os carris são compostos pela face de rolamento, cabeça, alma e patilha, tal como se encontra esquematizado na Figura 2.5.

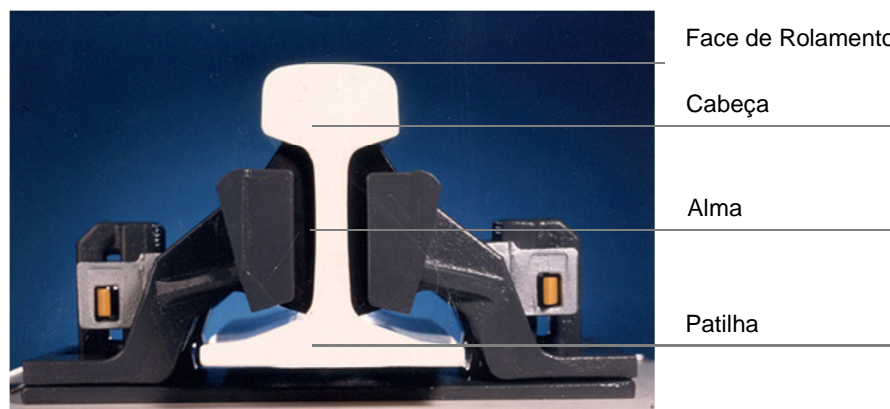


Figura 2.5: Carril Vignole [adaptado de Paixão e Fortunato, 2009]

De modo a garantir a qualidade da via, cada seção do carril deve preencher determinados requisitos, pois a vida útil do carril é limitada pelo desgaste ondulatório ou pela rutura por fadiga, proporcionada pelos carregamentos cíclicos a que é exposto.

Tendo também em linha de conta que, o tipo de aço, a rigidez de flexão, a regularidade geométrica, as características relacionadas com as juntas (ou a sua ausência) e as solicitações, sobretudo dinâmicas, a que os carris estão sujeitos podem influenciar o comportamento dos restantes elementos da via-férrea [Fortunato, 2005].

Assim sendo, é necessário que a cabeça do carril seja maciça o suficiente para que o desgaste ondulatório não afete o momento de inércia e as suas arestas deverão ser arredondadas, pois assim permitem diminuir a ação das tensões residuais.

O aumento da alma, altura dos carris, proporciona-lhes uma maior rigidez de flexão, o que permite distribuir a carga por um maior número de travessas, reduzindo assim o assentamento das travessas e a solicitação sobre as camadas de apoio [Birmann, 1968]. A patilha deve ter espessura suficiente garantindo a perpendicularidade da alma à travessa ou à placa de apoio, aquando de solicitações transversais.

Para permitir boas condições de contacto roda – carril e reduzir o desgaste ondulatório no carril, este é assente com um declive de 1:20 sobre a vertical.

Atualmente, os carris podem apresentar-se em duas configurações, em carris curtos, ou com juntas, e em carris de barra longa, ou sem juntas. Os primeiros permitem dilatação livre quando ocorrem variações de temperatura, sendo o comprimento máximo do carril função da folga na junta, pois as ligações são aparafusadas. Os segundos, barras longas soldadas (BLS), impedem que o carril se movimente aquando das variações de temperatura, tornando desnecessárias as folgas, traduzindo um maior intervalo de operações de conservação, menor oscilação dos veículos e menor produção de vibrações e ruídos, proporcionando um nível de conforto superior. No entanto, o carril de barra longa está sujeito a esforços internos consideráveis com as variações de temperatura, torna mais difícil a substituição dos elementos da superestrutura e exige um investimento inicial mais elevado [Fortunato,2005].

Travessas

As travessas são elementos intermédios da superestrutura da via, que se situam na direção transversal da via, e constituem os elementos de ligação entre o balastro e o carril.

A travessa é definida como o elemento da estrutura ferroviária que tem por função receber e transmitir ao balastro os esforços produzidos pelas solicitações estáticas e dinâmicas provocadas pelos veículos, suportar o sistema de fixações dos carris, impedir movimentos verticais, laterais e longitudinais dos carris, preservar a bitola e a inclinação do carril e garantir isolamento elétrico entre os dois carris da via.

Este elemento encontra-se principalmente submetido aos esforços de flexão, que dependem das ações impostas, do tipo de apoio sobre o balastro, do seu comprimento, entre outros.

Na Figura 2.6, apresenta-se a distribuição de carga tipo nas travessas adjacentes ao ponto de aplicação de uma carga estática. A travessa localizada sob a carga estática recebe aproximadamente 30% da carga aplicadas e as adjacentes, aproximadamente 20%. Estes valores dependem, naturalmente, da flexibilidade da via [Vale, 2010].

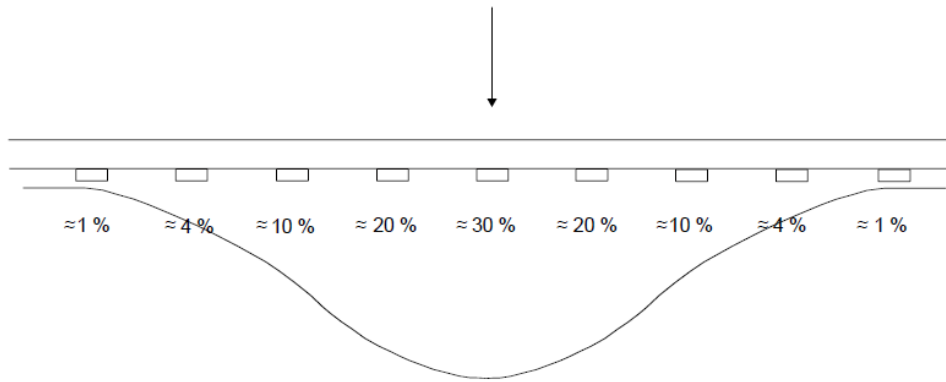


Figura 2.6: Distribuição de carga tipo nas travessas adjacentes ao ponto de aplicação de carga [adaptado de Vale,2010]

O material das travessas tem sido alvo de estudo ao longo dos tempos, podendo estas serem de madeira, de betão ou metálicas. No entanto, todas elas devem isolar eletricamente os carris.

Desde o início do caminho-de-ferro, as travessas de madeira sempre tiveram grande utilização, devido às suas características próprias, encontrando-se atualmente em quase todas as vias antigas ou de pouco tráfego. A madeira mais utilizada em Portugal é o pinho bravo, para a via corrente [Léxico, REFER].

As travessas de madeira se possuírem elevada densidade, dureza e garantirem uma boa absorção, apresentam vantagens como fácil fabrico e manuseamento, asseguram um bom nivelamento devido à sua interação com o balastro e ótima distribuição de cargas. No entanto não garantem uma eficaz fixação dos carris [Figura 2.7].

Este material é recomendado para vias cujo solo de fundação é de baixa qualidade. Atualmente, o seu uso na Europa é limitado aos locais onde não é viável o uso de travessas de betão.



Figura 2.7: Travessas de Madeira [Flickr, 2012]

O recurso a travessas de betão teve início após a Segunda Guerra Mundial, pois tornou-se significativa a escassez da madeira e surgiu um avanço significativo do betão. Atualmente são as mais utilizadas por serem fabricadas a partir de matéria-prima inesgotável, apresentarem uma elevada longevidade e assegurem uma boa fixação e estabilidade da via, dado o seu elevado peso [Leal, 2008].

O mercado ferroviário apresenta três tipos de travessas de betão, as do tipo bibloco (de betão armado), do tipo monobloco (de betão pré-esforçado) e as travessas-pórtico, tal como ilustra a Figura 2.8.

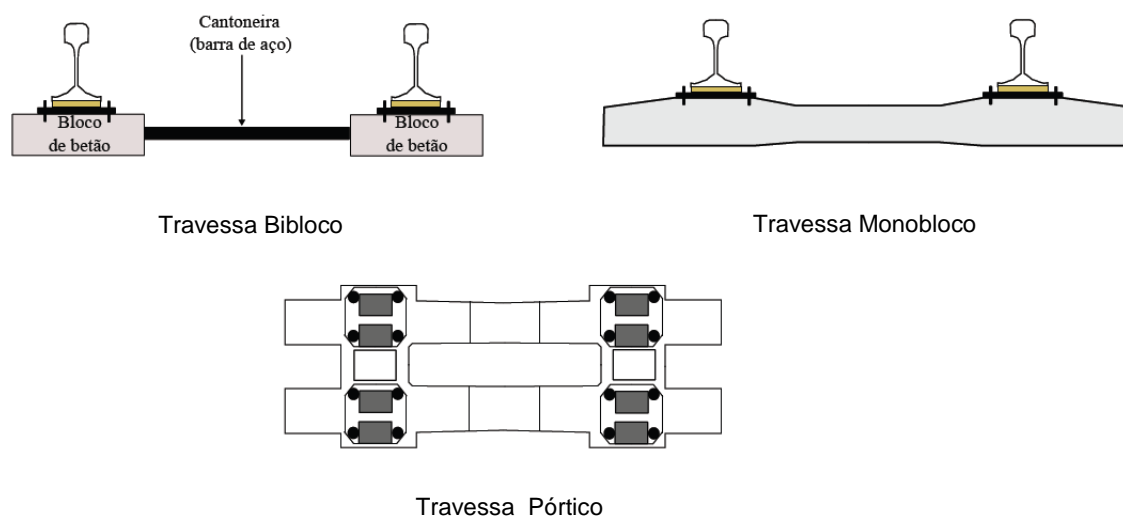


Figura 2.8: Travessas de Betão [Vale, 2010]

A travessa bibloco apresenta uma principal vantagem em relação à travessa monobloco. Permite atingir uma maior resistência lateral do balastro, pela existência de um maior número de superfícies de contacto entre a travessa e o balastro, sendo visivelmente uma travessa mais leve, pois tem uma cantoneira em aço como elo de ligação, ao invés de betão. A travessa monobloco, por se apresentar como um só bloco de betão armado, é submetida a elevados momentos fletores que atuam em diferentes secções das travessas, mas por ser pré-esforçada, garante menos suscetibilidade à fendilhação do betão [Esveld, 2001]. Por outro lado, devido ao seu maior peso, confere maior estabilidade e permite transmitir esforços horizontais e verticais, mesmo em caso de desnivelamento transversal.

Ao longo dos últimos anos as travessas metálicas foram encaradas como alternativa às travessas de madeira e às travessas de betão (Figura 2.9). No entanto, tornaram-se pouco viáveis devido às desvantagens que apresentam, tais como, o seu difícil posicionamento na via, quer na horizontal, quer na vertical, exigem um isolamento elétrico especial, são ruidosas, a sua conservação é difícil e são suscetíveis a ataques químicos [Fortunato, 2005].



Figura 2.9: Travessas Metálicas [Flickr, 2012]

Atualmente é notória a tendência de instalar travessas de grande resistência, como as do tipo monobloco, de betão armado pré-esforçado, com espaçamentos usuais de 60 cm, para as linhas de alta velocidade [Paixão e Fortunato, 2009]. Tal como ilustra a Figura 2.10, dentro do grupo de travessas de betão encontram-se as travessas polivalentes, estas travessas apresentam capacidade de instalação para duas bitolas diferentes, no caso de Portugal, tanto para a bitola de linhas de alta velocidade, 1435 mm, como para a bitola Ibérica de vias correntes, 1668 mm.



Figura 2.10: Travessas Polivalentes [adaptado de Fontul, 2010]

Elementos de Ligação e Fixação

Os elementos de ligação devem promover o apoio adequado dos carris e a fixação destes às travessas, resistindo aos esforços originados pelas ações verticais, laterais, longitudinais e de torção (transmitidas pelas rodas), e aos esforços produzidos pelas variações de temperatura dos carris. Além disso, estes elementos devem ainda reduzir as tensões e as vibrações causadas pelas cargas dinâmicas. O tipo de ligação e as características dos elementos de ligação e de apoio estão relacionados com o tipo de travessa de cada via [Fortunato, 2005].

- Talas de junção

As talas de junção funcionam como elementos de continuação e reforço dos carris, como mostra a Figura 2.11. Estes elementos são montados na alma do carril e apertadas com quatro ou seis parafusos de elevada resistência. A configuração dos furos é oval, permitindo a dilatação das extremidades. No entanto, estas peças introduzem grandes esforços adicionais, estando suscetíveis a vibrações e solicitações dinâmicas, produzindo assim defeitos nas extremidades do carril. Nas vias-férreas Europeias, é comum dispor as juntas de forma coincidente, tal como mostra a Figura 2.12.

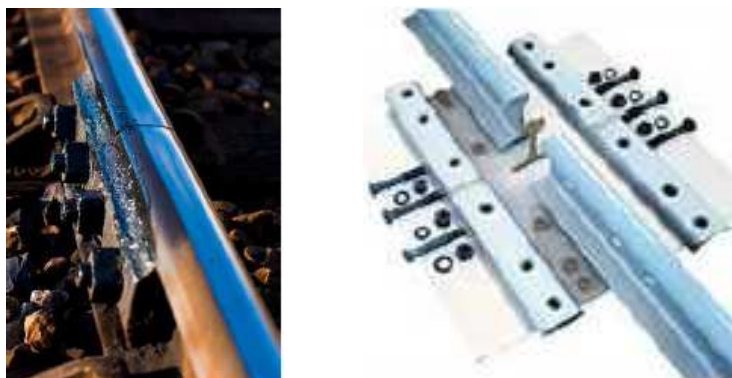


Figura 2.11: Tala de Junção [Fontul, 2010]

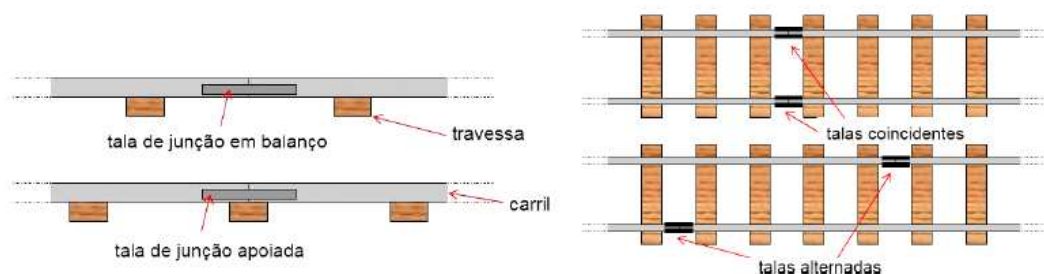


Figura 2.12: Posição relativa das Talas de Junção [Leal, 2008]

- Fixações

As fixações têm como principais funções transmitir as forças aplicadas sobre os carris às travessas e garantir que a bitola da via e a inclinação se mantêm dentro dos valores exigidos [Esveld, 2001].

Estes elementos oferecem resistência ao deslocamento longitudinal e horizontal do carril, provocado por variações de temperatura. As cargas horizontais e verticais devem ser transferidas para as travessas sem prejudicar os sistemas de fixação. As fixações devem permitir a substituição dos carris de forma fácil e sem danos para o resto da estrutura.

Em travessas de madeira interpõe-se apoios metálicos, conhecidos por “*chapins*”, entre os carris e as travessas, os quais asseguram tensões admissíveis e protegem a madeira contra o desgaste

mecânico. A ligação destes apoios metálicos e as travessas de madeira são conseguidas por meio de tira-fundos (“tirefond”) ou por parafusos, constituído assim fixações rígidas, tais como as da Figura 2.13.



Figura 2.13: Esquema de fixação rígida, adaptado de [Pita, 2006; Fontul, 2010]

Em travessas de betão colocam-se elementos resilientes para amortecer as vibrações provocadas pelas rodas, para reduzir o atrito entre o carril e a travessa e para promover o isolamento elétrico dos circuitos da via [Fortunato, 2005].

Neste sentido, as fixações elásticas podem ser variadas, entre as quais se apresentam as *Vossloh*, as *Pandrol* e as *Nabla*, na Figura 2.14.



Figura 2.14: Fixações Elásticas [Railway-Technology, 2012]

- Palmilhas

As palmilhas são elementos elásticos colocados entre o carril e a travessa e apresentam as seguintes funções:

- Promover o apoio adequado do carril;
- Amortecer as vibrações provocadas pelas rodas;
- Reduzir o atrito entre o carril e a travessa;
- Promover o isolamento elétrico dos circuitos da via;
- Proteger as travessas de desgaste e danos por impacto.

O parâmetro que caracteriza a palmilha é a sua rigidez vertical, que por sua vez representa também grande relevância na rigidez vertical da via. Neste sentido, várias são as normas que apresentam múltiplas categorias de palmilhas de acordo com a carga a que a via está sujeita.

A ETI (2008) indica que a rigidez vertical da palmilha não deve exceder 600 kN/mm, o relatório da FIB (2006) considera que a rigidez da palmilha deve variar entre os 40 e 450 kN/mm, a norma NP-EN134581-2 (2009), distingue as palmilhas em três categorias, tal como mostra o Quadro 2.1.

Quadro 2.1: Categoria de palmilhas em função da rigidez dinâmica vertical, segundo a NP-EN134581-2 (2009)

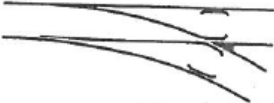


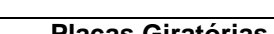
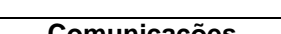
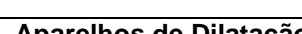
Categoria da Palmilha	Rigidez Dinâmica Vertical [kN/mm]
Flexível	$k_v < 100$
Média	$100 \leq k_v < 200$
Rígida	$k_v \geq 200$

Aparelhos de Mudança de Via (AMV)

Os aparelhos de mudança de via, abreviadamente designados por AMV's, visam permitir a comunicação entre vias distintas, desviando os veículos com segurança e a velocidade comercial compatível. Neste sentido, devem permitir que a operação de transição seja realizada sem que haja a introdução de efeitos dinâmicos, nem choques exagerados, evitando problemas de segurança e melhorando o conforto dos passageiros.

Conferem flexibilidade ao traçado, permitindo várias ações de guiamento do material circulante, tais como as que estão representadas no Quadro 2.2.

Quadro 2.2: Representação de Ações de Guiamento dos Veículos [adaptado de Fontul, 2010]

Mudança De Via 	Atravessamentos 	Transversais de Junção 
Placas Giratórias 	Comunicações 	Aparelhos de Dilatação 



É necessário ter em conta que a classificação dos aparelhos de mudança de via, varia conforme o número de vias desviadas. Assim ao aparelho do qual deriva uma única via designa-se por Mudança de Via Simples – MVS, quanto ao aparelho do qual derivam duas vias, tal como o próprio nome indica, atribui-se a classificação de Mudança de Via Dupla – MVD.

Considerando os aparelhos de mudança de via Simples – MVS, os mais usuais em vias férreas, torna-se fundamental mencionar a constituição deste tipo de desvio. Assim, identifica-se na Figura 2.15, a grade da agulha ou agulha, a grade intermédia e a grade da cróssima ou o cruzamento.

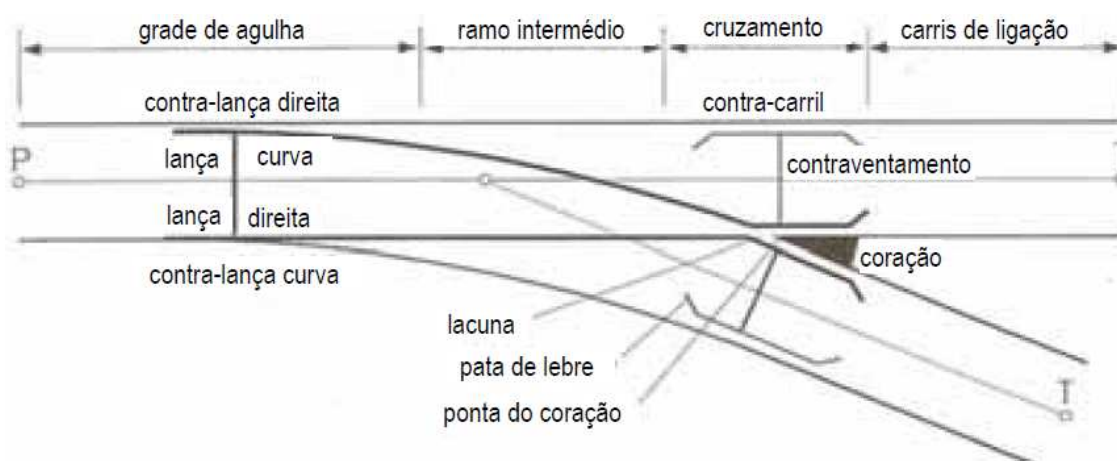


Figura 2.15: Esquema da constituição de um desvio de via simples [adaptado de Picado, 2007]

A lacuna é a zona da cróssima onde falta o guiamento do rodado, por isso merece elevado destaque, pois é devido a esta falta de guiamento que surge a necessidade dos contra carris (Figura 2.16). O contra carril da cróssima encontra-se em ambos os lados do cruzamento com o objetivo de guiar os rodados ao longo da lacuna, de forma a evitar que o movimento de lacete lance as rodas interiores sobre a ponta da cróssima, impedido a perda de itinerário e o descarrilamento e proteger o bico da cróssima.

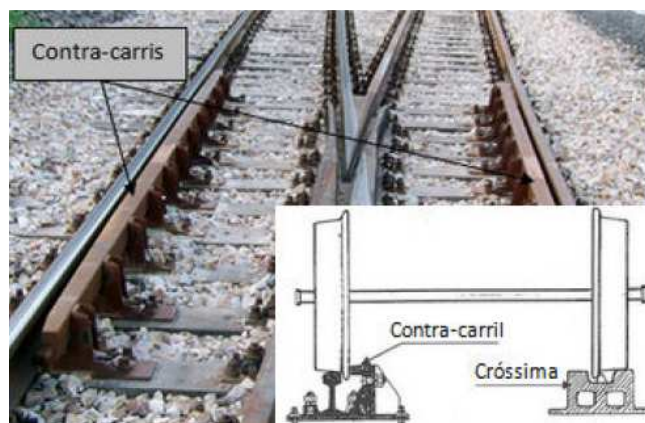


Figura 2.16: Contracarril e cróssima [adaptado de Fontul, 2010].

As exigências de durabilidade e qualidade geométrica dos AMV's fazem com que atualmente exista uma crescente tendência, liderada pela Alemanha, de instalação de aparelhos de mudança de via recorrendo a soluções de via em laje pré-fabricadas, tal como ilustra a Figura 2.17. Acresce ainda o facto de a colocação destas soluções de AMV's em lajes pré-fabricadas poder ser mais expedita e menos dispendiosa do que a instalação normal sobre balastro [Paixão e Fortunato, 2009].



Figura 2.17: Aspecto de AMV's de alta velocidade em via em laje [adaptado de Paixão e Fortunato, 2009].

Camada de Balastro

Na via balastrada, o balastro funciona como camada de apoio, que se localiza entre as travessas e a fundação, proporcionando um suporte flexível.

O balastro representa a camada de pedra britada que é colocada sob as travessas, ocupando não só o espaço debaixo destas mas também algum espaço após o termo da via.

Assim, na Figura 2.2 distinguem-se quatro zonas de balastro: 1) balastro entre travessas; 2) prisma lateral; 3) balastro superficial, que constitui a subcamada superior que é afetada diretamente durante

as ações mecânicas de conservação; 4) balastro de fundo, que constitui a subcamada inferior. [Fortunato,2005]

A camada de balastro visa promover a distribuição homogênea das forças sobre a plataforma; oferecer uma alta resistência longitudinal e lateral para a armadura da via; garantir uma boa drenagem das águas pluviais e a proteção contra efeitos de gelo/degelo; garantir a elasticidade da via com a finalidade de amortecer as cargas dinâmicas; permitir uma fácil correção de posição da via através de trabalhos de ataque e ripagem da via. [Fontul, 2010; Fortunato, 2005]

Um bom balastro deve ser um material granular, 100% britado, isento de materiais poluentes, tais como partículas orgânicas e expansivas, metal ou plástico.

Dos processos de degradação do balastro, destaca-se a ação do tráfego, devido à onda de avanço das rodas, a travessa levanta e volta a ter o impacto sobre o balastro. Os esforços dinâmicos podem sobrecarregar o balastro o que leva à rotura, ao deslizamento e à abrasão das suas partículas; os trabalhos de conservação, detritos da abrasão devida a um ataque ou a um desguarnecimento; contaminações ascendentes com finos, das camadas subjacentes, quando não existem camadas protetoras ou estas estão executadas deficientemente; contaminação descendente, com elementos prejudiciais como carvão, minério, areia, restos de vegetação e deterioração devido às ações climáticas (geadas, amplitudes térmicas, humidade, etc.) [Fortunato, 2005; Fontul, 2010]

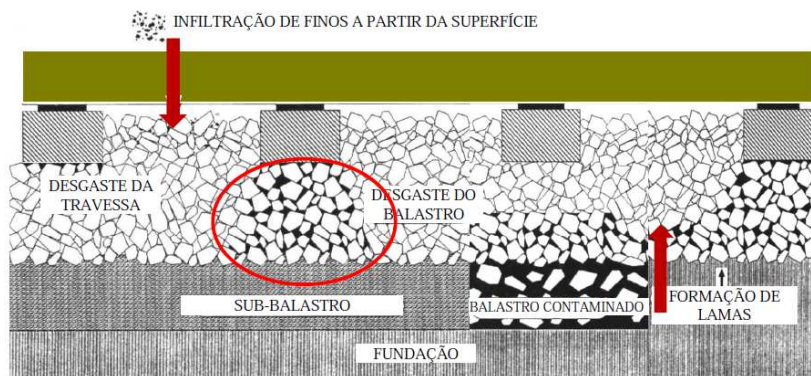


Figura 2.18: Contaminação da camada de balastro [adaptado de Fortunato, 2005].

Esta contaminação (Figura 2.18) provoca um aumento da resistência ao corte e aumento da rigidez, gerando deformações permanentes e provocando a diminuição da resiliência do balastro.

O comportamento da camada de balastro é determinante na estabilidade da via. Desta forma, o seu desempenho é condicionado pelas suas características mecânicas e hidráulicas.

A Norma Europeia NP-EN13450 (2005) classifica o balastro de acordo com a granulometria, a forma de partículas, a resistência à fragmentação – ensaio *Los Angeles* (Figura 2.19), a resistência ao desgaste por atrito – ensaio *Micro-Deval* (Figura 2.20) e a durabilidade [Vale, 2010].

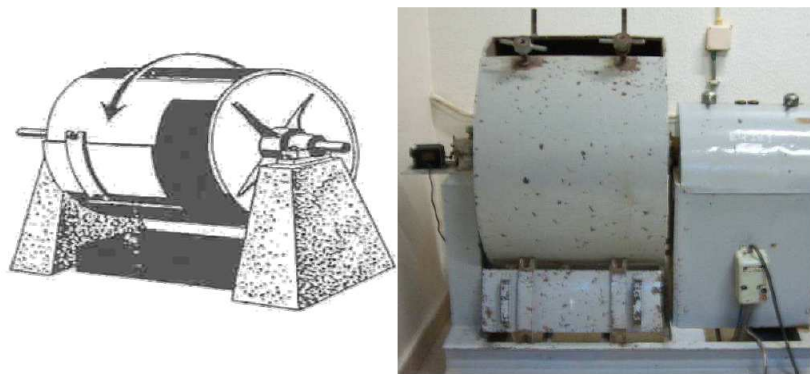


Figura 2.19: Ensaio Los Angeles, resistência à fragmentação, [adaptado de Fontul, 2010].

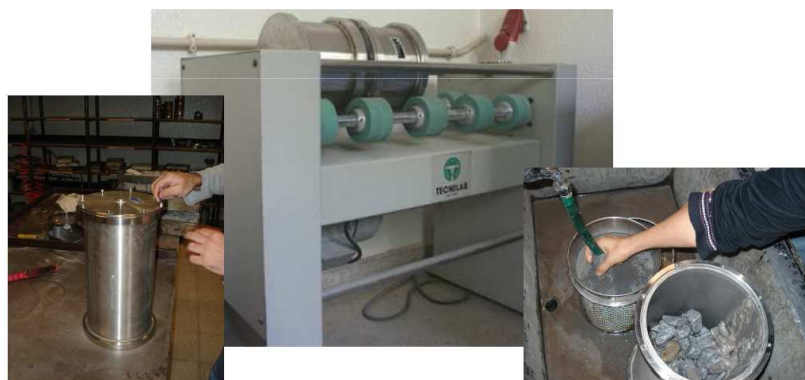


Figura 2.20: Ensaio Micro-Deval, resistência ao desgaste [adaptado de Fontul 2010].

O documento técnico Português, IT.GEO.001.00 da REFER, que enquadra a utilização de material para a camada de balastro, quer na construção de linhas novas, quer na conservação e na renovação das existentes, refere que os agregados para balastro de vias férreas podem ser de dois tipos: Tipo I, para sistemas ferroviários de alta velocidade e velocidade alta; Tipo II, para a rede convencional [Fortunato, 2005].

As características técnicas que são alvo de análise para aceitação dos materiais para balastro são a resistência mecânica (à fragmentação e ao desgaste), a dimensão, a granulometria, o conteúdo de partículas finas ($<0,5$ mm), o conteúdo de finos ($<0,063$ mm), a forma e o conteúdo em materiais indesejáveis. Relativamente à forma, as partículas de balastro devem apresentar forma poliédrica de tendência isométrica, designada por forma cúbica, faces rugosas e arestas vivas. No documento técnico IT.GEO.001.00 da REFER, apresentam-se os valores das características que permitem a aceitação e os que implicam a rejeição dos materiais a aplicar em camada de balastro [Fortunato, 2005].

No que ao dimensionamento da espessura da camada de balastro diz respeito, a UIC719Rb (2008) apresenta uma metodologia simplificada, onde a soma da espessura de cada camada é definida pela expressão (2.1),

$$e[m] = E + a + b + c + d + f \quad (2.1)$$

Os valores de E, a, b, c, d e f encontram-se definidos no Quadro 2.3.

É de mencionar que este procedimento de dimensionamento contempla a camada de sub-balastro (Figura 2.21), no entanto, tendo em conta as alterações necessárias, o valor corrente da espessura da camada de balastro em Portugal para a via convencional (< 220 km/h) segundo a UIC, 2008 deverá ser de 300 mm.

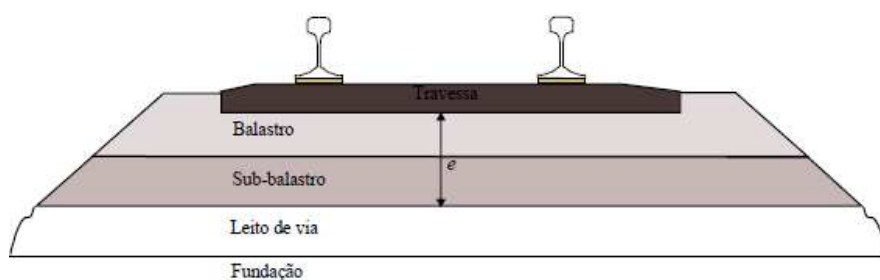


Figura 2.21: Definição da espessura total das camadas de balastro e de sub-balastro (UIC719Rb, 2008) [adaptado de Vale 2010].

Quadro 2.3: Determinação da espessura de balastro e de sub-balastro segundo a (UIC719Rb, 2008) [adaptado de Vale, 2010]

$E (m)$	0,70 se plataforma de classe P1 0,55 se plataforma de classe P2 0,45 se plataforma de classe P3
$a (m)$	0, classe de linha 1 a 4 - 0,10, classe de linha de 5 a 6
$b (m)$	0, travessa de madeira com comprimento igual a 2,60 m (2,5 - L) / 2, travessa de betão com comprimento L
$c (m)$	0, condições de trabalho normais - 0,10, condições de trabalho difíceis
$d (m)$	0, para carga nominal máxima por eixo < 200 kN + 0,05, para carga nominal máxima por eixo < 225 kN + 0,12, para carga nominal máxima por eixo < 250 kN
$f (m)$	espessura de geossintético, se existir

As classes de plataforma indicadas no Quadro 2.3, P1, P2 e P3, classificam-se segundo a UIC719Rb, 2008, como medíocre, média e boa, respetivamente. Esta classificação encontra-se diretamente dependente, da qualidade do solo de fundação e dos materiais da camada de leito.

1.3.2 Subestrutura

A infraestrutura de uma via é o conjunto de obras implantadas numa faixa de terreno, destinadas ao estabelecimento e à proteção de caminhos circuláveis das vias de comunicação terrestre [Lima, 1998].

A subestrutura tem como principal função a estabilidade da via, suportando a superestrutura. Esta é composta pela fundação e integra ainda o sistema de drenagem, secções de terraplanagem, obras de arte e obras de contenção.

Sub-balastro

Este elemento localiza-se entre a camada de balastro e a fundação. À semelhança do balastro, a camada de sub-balastro tem como função atenuar a intensidade das cargas resultantes da circulação de veículos e transmiti-las para as camadas inferiores, a níveis aceitáveis. Exige-se ainda que a camada de sub-balastro proteja a fundação contra ações do gelo; promova a separação entre o balastro e a fundação, evitando a migração de elementos finos; funcione como camada impermeabilizante, não permitindo a passagem de águas até á fundação; evite o desgaste da fundação pela ação mecânica do balastro; funcione como elemento drenante e filtrante.

Assim, é necessário que o sub-balastro seja pouco deformável (módulo de deformabilidade elevado) e tenha baixa permeabilidade. Normalmente utilizam-se materiais naturais bem graduados, areias cascalhentas, compostas em central, materiais naturais britados ou detritos de pedreiras. As partículas devem ter boa resistência ao desgaste e a sua granulometria deve poder proporcionar as funções de filtro e de separação entre o balastro e a fundação. As partículas devem ser isentas de fragmentos de madeira, matéria orgânica, metais, plásticos, rochas alteradas e de materiais tixotrópicos, expansivos, solúveis, putrescíveis, combustíveis ou poluentes. [Fortunato, 2005; IT.GEO.006, 2007]

A camada de sub-balastro não se encontra presente em todas as estruturas ferroviárias. Em alguns modelos de via, esta camada é substituída por uma camada mais espessa de leito do pavimento ou por geossintéticos.

Em alguns países, para as linhas de alta velocidade utilizam-se misturas betuminosas como camada de sub-balastro em combinação ou não com camadas de materiais granulares. Segundo a UIC719Rb, 2008, a aplicação de misturas betuminosas apresenta vantagens como uma melhor

proteção da fundação e melhor distribuição da carga. No entanto, trata-se de uma solução pouco económica.

As Figuras 2.22 e 2.23 apresentam algumas soluções alternativas ao sub-balastro granular e o respetivo comportamento da plataforma.

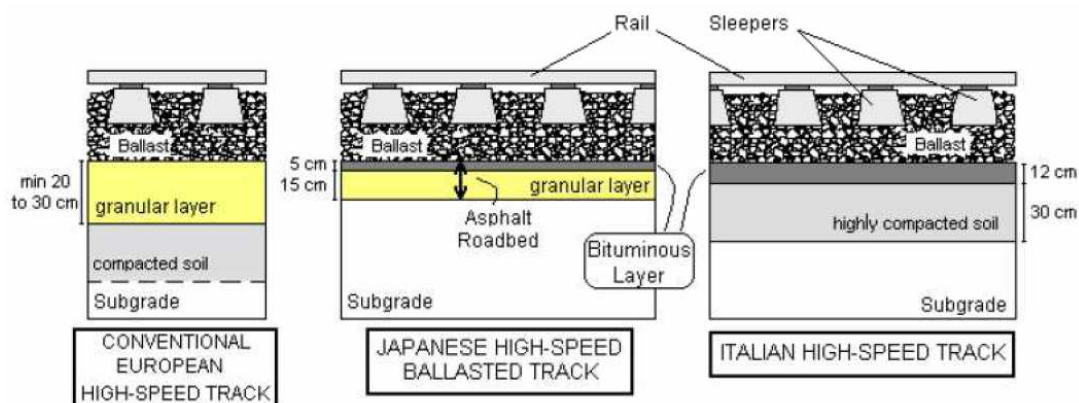


Figura 2.22: Soluções de subestrutura para vias de alta velocidade com sub-balastro betuminoso [adaptado de Teixeira, 2008]

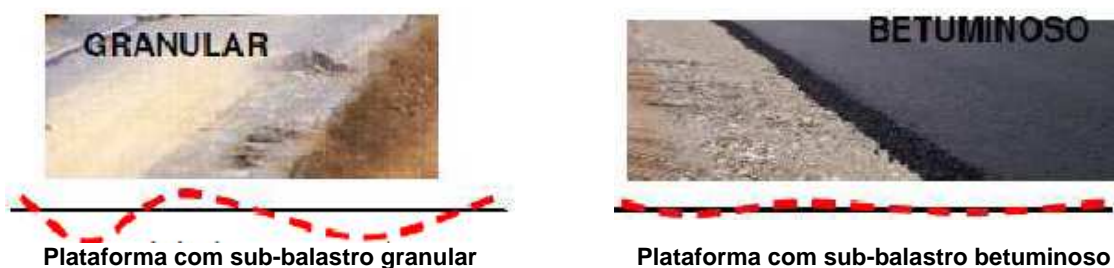


Figura 2.23: Comportamento a medio-longo prazo da plataforma [adaptado de Teixeira, 2008].

No que se refere à utilização de geossintéticos em vias ferroviárias, atualmente estes podem ser geotêxteis, geogrelhas ou geomembranas [UIC719Rb, 2008]. Com a aplicação de geotêxteis, Figura 2.24 a), sob a camada de sub-balastro, é possível uma separação de camadas, a filtragem e a drenagem de águas, o reforço da capacidade resistente da fundação da via, quando constituída por solos fracos, e a proteção da fundação das ações climáticas durante a construção. As geogrelhas, Figura 2.24 b), apresentam a função de reforço da camada, que apoia a via ferroviária e as geomembranas, Figura 2.24 c), são adotadas em caso de impermeabilização da fundação [Vale, 2010].

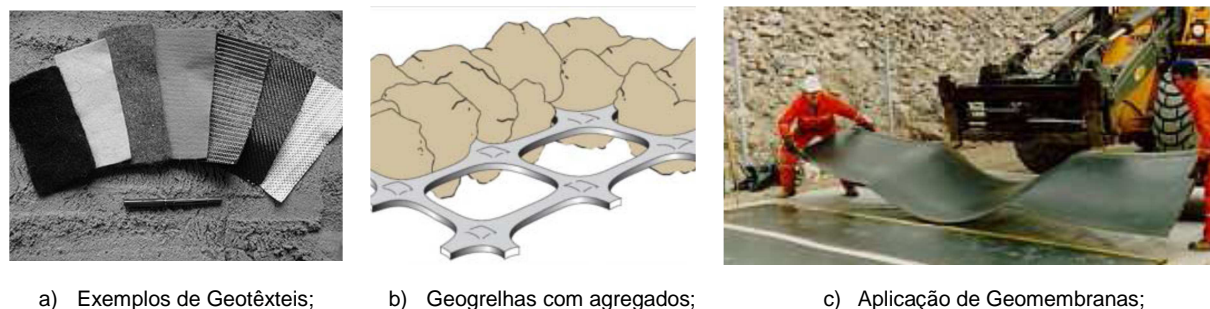


Figura 2.24: Exemplos de Geossintéticos [adaptado de Tavares, 2009; Fontul, 2010]

As exigências para a aplicação de geossintéticos na construção ferroviária estão indicadas na EN13250 (2000) e na EN13250:2000 A1 (2005).

As disposições construtivas utilizadas na execução da camada de sub-balastro são determinantes para o adequado escoamento das águas que caem na via. A camada colocada sobre a plataforma deve acabar lateralmente sobre uma valeta de superfície ou sobre um dreno subsuperficial. A inclinação da camada de sub-balastro deve ser tal que permita que uma grande percentagem da água que afluí à sua superfície seja rapidamente encaminhada para fora da via. Uma inclinação transversal de cerca de 4% a 5% conduz a resultados adequados, isto é, faz com que pelo menos 80% da água pluvial escorra na superfície da camada e seja conduzida pelos elementos de drenagem. Dos 20% que se infiltram na parte superior, admite-se que a sua secagem seja rápida após a paragem da chuva [Fortunato, 2005].

Fundação

A fundação da via é frequentemente designada por plataforma. No entanto, de forma mais correta, deve distinguir-se duas zonas, a fundação, em geral mais profunda; o leito de via, mais superficial, onde se apoiam as camadas de balastro e de sub-balastro.

A fundação da via prolonga-se em profundidade até onde se fazem sentir de forma significativa as solicitações do tráfego. Embora essa profundidade possa atingir sete a oito metros abaixo da base da travessa (Li e Selig, 1995), é normal haver uma preocupação especial com as características dos terrenos até profundidades da ordem de 1 a 2 m abaixo da base da travessa [Fortunato, 2005].

A capacidade de carga ao nível da plataforma das terraplenagens depende essencialmente das características dos terrenos subjacentes, das camadas sobrejacentes e das condições de drenagem da via. Uma boa plataforma não deve exibir deformações significativas durante a exploração. As características físicas e mecânicas avaliadas na sua superfície deverão apresentar homogeneidade longitudinal e transversal e deverão ser pouco suscetíveis à variação das condições climáticas. A superfície deve permitir a drenagem das águas da chuva que caem sobre a via.

Ainda na questão na drenagem, a UIC719Rb (2008) refere que o nível freático deve estar, no mínimo, a uma distância, que pode variar entre 0,80 m a 2,50 m da posição do carril [Vale,2008].

A plataforma deve ter a capacidade de servir de apoio à superestrutura e às camadas de apoio da via e suportar as tensões impostas pelas cargas repetidas, sem atingir a rotura e sem deformações excessivas (reversíveis e permanentes); manter uma posição estável no tempo, não sendo demasiadamente afetada pelas ações ambientais, como os ciclos de molhagem e secagem associados à pluviosidade; resistir ao atrito e ao desgaste causados pelo balastro e (ou) sub-balastro, fenómenos que tendem a causar a bombagem de finos e consequentes assentamentos; constituir uma adequada superfície para colocação e compactação do sub-balastro [Fortunato, 2005].

No que à fundação diz respeito, *Meissonnier* (2000) refere que a causa de ruína da via-férrea é, muitas vezes, a sua fraca qualidade [Vale, 2010].

Assim, a *Ficha UIC719R* (UIC, 2008) classifica a plataforma das terraplenagens nas classes P1, P2 e P3, correspondentes a plataformas medíocre, média e boa, respetivamente, conforme as características do solo de fundação e dos materiais utilizados na camada de leito (Quadro 2.4).

Quadro 2.4: Classe de capacidade de carga da plataforma, [UIC, 2008]

Qualidade do solo de fundação	Classe de plataforma	Camada de leito	
		Qualidade do material	Espessura (m)
QS1	P1	QS1	-
	P2	QS2	0,50
	P2	QS3	0,35
	P3	QS3	0,50
QS2	P2	QS2	-
	P3	QS3	0,35
QS3	P3	QS3	-

Os solos QS1 são solos medíocres; os solos QS2 e QS3 são solos de qualidade média e boa, respetivamente. A qualidade do solo (QS_i) depende do tipo de solo, do seu estado hídrico e das condições hidrogeológicas e hidrológicas do local.

Relativamente às características mecânicas e físicas, são considerados os parâmetros de compacidade do material e o módulo de deformabilidade equivalente obtido sobre a plataforma de terraplenagens, medido no primeiro ciclo de carga, EV_1 , ou no segundo ciclo de carga, EV_2 , do ensaio de carga estática com placa [Fortunato, 2005].

O Quadro 2.5 apresenta a identificação dos solos em função da percentagem de finos, do estado hídrico e das condições hidrológicas e hidrogeológicas, do *CBR* (*Californian Bearing Ratio*) e do módulo de deformabilidade equivalente, EV_2 [Fortunato, 2005].

Quadro 2.5: Características dos Solos [Fortunato, 2005]

Qualidade do solo	Identificação	CBR (%)	EV_2 (MPa)
QS1	Solos com mais de 15% de finos, estado hídrico “médio” ou “seco”	3 a 6	15 a 25
QS2	Solos com 15% a 40% de finos, estado hídrico “seco” e boas condições hidrológicas e hidrogeológicas	6 a 20	25 a 80
	Solos com 5% a 15% de finos, estado hídrico “seco”		
QS3	Solos com menos de 5% de finos, bem graduados e com partículas de dureza elevada	>20	>80

Relativamente ao dimensionamento da fundação e do leito de via, este é feito em função do tipo de tráfego, da capacidade de suporte da fundação, da configuração de via (espaçamento entre travessas, largura da via, etc.), das condições climáticas e hidrogeológicas, considerando-se um período de dimensionamento de 100 anos [Vale, 2010].

2.3 Sistema Ferroviário

Após a descrição pormenorizada de cada um dos elementos constituintes de uma via-férrea comum, faz-se a apresentação das variantes à via balastrada.

Em Portugal, subsistem dúvidas quanto ao tipo de via ferroviária mais adequado à realidade nacional.

Deve mencionar-se que existem diferentes sistemas estruturais de via ferroviária, como a via balastrada clássica, a via em laje e a via de apoio misto.

Em fase de projeto, a escolha do tipo de via, deve ser baseada numa análise multicritério, tendo-se em conta as vantagens e desvantagens de cada solução, a rapidez e a disponibilidade ou não de balastro, o custo no ciclo de vida de cada tipo, os aspetos ambientais (ruído e vibrações), o tipo e custo de manutenção e reparações previstas, etc.

Ao longo deste estudo, opta-se apenas por analisar o sistema de via balastrada clássica, em diferentes cenários de qualidade geométrica da via. No entanto, é necessária apresentação de uma breve comparação entre os sistemas mais usuais: via balastrada clássica, via em laje de betão e via de apoio misto.

2.3.3 Via Balastrada

A via balastrada é uma solução estrutural que, pelas suas características, tem um bom comportamento dinâmico relativamente aos esforços provocados pelas massas suspensas – veículos que estão apoiados no respetivo eixo por uma suspensão primária, a qual, entre outras funções, deve contribuir para isolar essas elevadas massas e promover a dissipação de energia – e as não suspensas, que são as que constituem as rodas, o eixo e todas as peças ou equipamentos que se encontram a eles rigidamente ligados, cujo comportamento depende essencialmente das características mecânicas da via [Fortunato, 2005].

Este tipo de via permite atingir e manter os requisitos de qualidade geométrica de forma económica, beneficiando do facto de as degradações da geometria que ocorrem poderem ser corrigidas por equipamentos mecânicos automáticos.

Contudo, com o passar dos anos, após inúmeras passagens dos comboios e, em alguns casos, com o aumento da velocidade de circulação inicialmente prevista, foram surgindo, em algumas linhas, diversos problemas na via balastrada que ainda hoje se mantêm. Estes prendem-se, nomeadamente, com a contaminação do material de balastro por solos finos, com a instabilidade do balastro sob o efeito das vibrações produzidas pela passagem dos veículos, com a reduzida resistência lateral da via e com o fenómeno de projeção do balastro (Figura 2.25) aquando da circulação a alta velocidade [UIC, 2001].

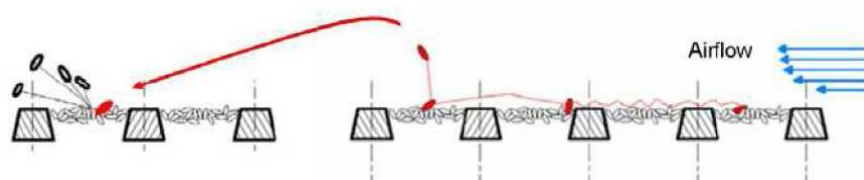


Figura 2.25: Representação do fenómeno de projeção do balastro – “flying ballast” [Fontul, 2010]

Todos estes problemas foram sendo controlados não só por intervenções frequentes de conservação de via e redução de velocidades em zonas mais críticas, como também pelo desenvolvimento de novas soluções, não só ao nível da via, mas também no que se refere ao material circulante.

A via balastrada manifesta um comportamento estrutural elasto-plástico, principalmente devido às propriedades conferidas à estrutura pelo próprio balastro. Este comportamento plástico da via balastrada leva à necessidade de intervenções periódicas de correção da sua geometria. Além disso, o desgaste e fragmentação do balastro conduzem a uma redução do período de vida útil e conferem uma menor resistência lateral à via, face à solução de via em laje.

Por outro lado, a existência do balastro traz algumas vantagens como sejam a facilidade de corrigir a geometria de via, maior rapidez de construção de via, relativa adaptabilidade à redefinição de traçado, assim como adaptação a eventuais assentamentos da subestrutura. De um modo geral pode afirmar-se que a existência de uma camada de balastro conduz à necessidade de operações de conservação constantes e a um período de vida útil claramente inferior ao da via não balastrada [UIC, 2002].

Relativamente à conceção de vias sobre balastro para linhas de alta velocidade, talvez uma das condicionantes mais importantes seja a dificuldade em conceber uma estrutura que apresente um elevado nível de uniformidade das características ao longo do seu desenvolvimento longitudinal.

A variação destas características está relacionada com a dificuldade em obter uma rigidez vertical regular, devido à variabilidade das características dos elementos da superestrutura e da subestrutura e ao tipo de operações de conservação que é necessário realizar para garantir uma adequada geometria.

De notar que a existência de elementos com carácter pontual, como aparelhos de mudança de via (AMV) ou zonas de transições bruscas de rigidez vertical, contribuem ainda negativamente para a uniformidade da via.

Os aspetos onde a via sobre balastro atualmente apresenta algumas fraquezas, especialmente para a alta velocidade, podem ser sintetizados nos seguintes pontos [Paixão e Fortunato, 2009]:

- Existência de elevadas tensões resultantes do contacto pontual entre a face inferior das travessas e as partículas do balastro, aquando do carregamento da via;
- Reduzida uniformidade no comportamento elástico da via, resultando em deformações elásticas irregulares, assim como numa ação dinâmica irregular dos veículos;
- Deformações plásticas associadas à superestrutura e subestrutura;
- Possibilidade de transmissão de vibrações harmónicas para o meio envolvente, devido ao espaçamento constante entre travessas;
- Limitada resistência lateral da via, tornando-a vulnerável a efeitos de instabilidade lateral;
- Deterioração da qualidade geométrica da via após intervenções de ataque mecânico ao balastro (ação de reabilitação/conservação).

2.3.4 Via em Laje

A maior diferença entre a via balastrada e a via não balastrada consiste, respetivamente, na existência ou não de balastro. Na via não balastrada, a camada de balastro da superestrutura da via tradicional é, geralmente, substituída por uma laje de betão armado ou por uma camada de mistura betuminosa.

A experiência ao longo de várias décadas permitiu concluir que o balastro é um dos elementos que mais contribui para a degradação da via-férrea. Para alguns autores, o aumento das velocidades de circulação levou a que se atingissem os limites da via balastrada tradicional, se se atender ao conceito *RAMS* (*Reliability, Availability, Maintainability e Safety*).

A via não balastrada ou em laje é habitualmente classificada quanto ao [Vale, 2010]:

- Tipo de fixação do carril – pontual ou contínua;
- Modo de execução da laje de betão: betão *in situ* ou laje pré-fabricada;
- Números de níveis resilientes: um ou vários;
- Natureza e tipo de fundação: betão pobre ou material betuminoso.

As soluções de via em laje apresentam uma grande variedade de conceções estruturais. Esta variedade resulta das diversas possibilidades de disposição e integração dos elementos constituintes da estrutura como resposta a condicionantes impostas à via.

A UIC (2002) distingue vários sistemas de via em laje. Descrevem-se em seguida, estes mesmos sistemas em sete famílias distintas:

Família 1 – via com fixação contínua do carril, i.e., o carril encontra-se embebido na estrutura da via. Este tipo de via utiliza-se com vantagem em pontes pouco extensas e em vias *tramway* (Figura 2.26).

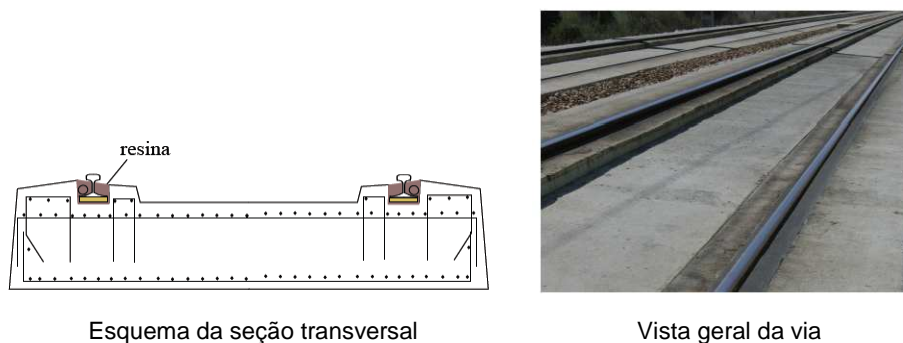
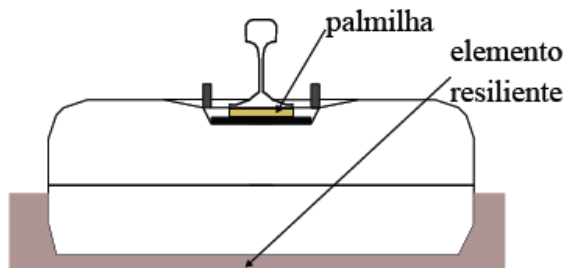


Figura 2.26: Via com carril embebido na estrutura – Família 1 [Vale, 2010]

Família 2 – Via com fixação pontual do carril sobre a laje ou sobre blocos independentes entre si, via sem travessas. Estes sistemas de via podem apresentar um ou dois níveis resilientes (Figura 2.27).



a) Via *Sonneville*



b) Bloco de betão com dois níveis resilientes

Figura 2.27: Via da Família 2 [Vale, 2010]

Família 3 – via com fixação pontual do carril sobre travessas incorporadas na laje de betão, após enchimento da laje (Figura 2.28).



Figura 2.28: Via Rheda 2000 – Família 3 [Vale, 2010]

Família 4 – via com fixação pontual do carril sobre travessas incorporadas na laje de betão por vibração (Figura 2.29).



Figura 2.29: Via Züblin, introdução das travessas na laje por vibração – Família 4 [Vale, 2010]

Família 5 – via com fixação pontual do carril sobre travessas ancoradas na laje de betão. Onde a camada de suporte pode ser constituída por material betuminoso, exemplo deste tipo de família são as GETRAC e ATD, ou constituída por betão, como na via do tipo BTB (Figura 2.30; Figura 2.31)



Figura 2.30: Via GETRAC em construção - Família 5 [Vale, 2010]



Figura 2.31: Via BTB com e sem balastro – Família 5 [Vale, 2010]

Família 6 – via com fixação pontual do carril sobre travessas separadas da laje de betão por um elemento resiliente. A seção STEDEF pertence a esta família e distingue-se da seção corrente pela inclusão de armadura no interior da travessa bibloco (Figura 2.32).



Figura 2.32: Pormenor da via STEDEF em construção [Vale, 2010]

Família 7 – via com fixação pontual do carril sobre lajes pré-fabricadas. Nesta família distinguem-se os sistemas *Bögl*, *Shinkansen*, *AFRAV* e *öBB-Porr*.

Esta solução, em parte semelhante às soluções de lajes pré-fabricadas já referidas neste estudo, é constituída por lajes de betão armado da classe C45/55 pré-fabricadas, com aplicação de pré-esforço transversal. A solução *Bögl* é ligeiramente maior do que as soluções das restantes famílias (Figura 2.33).



Figura 2.33: Sistema de via Bögl [Vale, 2010; Paixão e Fortunato, 2009]

O sistema de via *Shinkansen*, é constituído por lajes de betão pré-esforçado, colocadas sobre uma subcamada estabilizada com cimento. Este sistema considera ainda blocos cilíndricos (*stoppers*) que evitam movimentos laterais e longitudinais (Figura 2.34).



Figura 2.34: Via Shinkansen [Vale, 2010]

O sistema *AFTRAV* (*Asociacion Nacional de Fabricantes de Traviesas para Ferrocarril*) desenvolvido em Espanha, apresenta a laje pré-esforçada nas direções longitudinais e transversais, e um conjunto de aberturas, tornando as lajes independentes entre si (Figura 2.35).

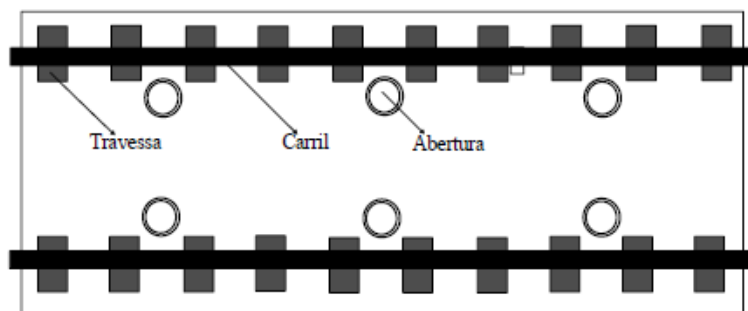


Figura 2.35: Via AFTRAV [Vale, 2010]

A solução *ÖBB-Porr* resultou de uma parceria entre a *ÖBB* austríaca e a *Porr* alemã. É uma solução em laje pré-fabricada assente sobre uma camada resiliente, semelhante às anteriores soluções de lajes pré-fabricadas (Figura 2.36).



Figura 2.36: Via ÖBB-Porr em túnel [Vale, 2010; Paixão e Fortunato, 2009]

De um modo geral, a instalação de via em laje tem ocorrido com maior frequência em túneis, pontes, viadutos e estações, especialmente em linhas de alta velocidade.

A opção por estas soluções está geralmente associada à necessidade de uma tipologia de via mais resistente e de durabilidade acrescida ou à exigência de satisfazer maiores volumes de tráfego, velocidades superiores e cargas por eixo mais elevadas do que as consideradas nas soluções usuais, mantendo um bom nível de conservação e disponibilidade máxima de operação.

Atualmente, e após várias décadas de desenvolvimento consegue-se um elevado patamar na qualidade destas soluções de via não balastrada. A maioria apresenta períodos de vida útil que se espera que rondem os 60 anos, praticamente sem necessitar de operações de conservação.

Grande parte dos trabalhos de investigação de via em laje estão a ser desenvolvidos no Japão e em alguns países da Europa onde esta tipologia de via tem vindo a desempenhar um papel importante

nas linhas de alta velocidade com elevado tráfego e excelente desempenho [Paixão e Fortunato, 2009].

2.3.5 Via de Apoio Misto

A via de apoio misto é tida como alternativa à solução de via balastrada ou via tradicional. Tal como a denominação que lhe é atribuída, este tipo de via resulta da inclusão de diferentes tipos de materiais na constituição da via-férrea. Nestas soluções, é usualmente colocada uma camada de mistura betuminosa, também designada por camada asfáltica, sob o balastro, em substituição do sub-balastro tradicional de material granular. Existem outras soluções de via de apoio misto menos utilizadas, como a adição de um ligante hidráulico ao sub-balastro, ou ainda soluções em que o próprio balastro é misturado com uma mistura betuminosa.

As principais vantagens da utilização de materiais betuminosos em substituição dos materiais granulares na camada de sub-balastro são [Paixão e Fortunato, 2009]:

- contribuição para um melhor desempenho estrutural da via;
- maior proteção da plataforma e redução das tensões transmitidas, como resultado da boa capacidade de distribuição de esforços deste material;
- permite manter os valores dos teores em água próximos dos valores ótimos, evitando variações que levam à redução da sua capacidade de suporte;
- proporciona uma maior uniformidade da rigidez vertical da via, reduzindo os problemas relacionados com os efeitos dinâmicos, contribuindo para uma deterioração mais lenta da via e para uma melhor qualidade geométrica;
- possibilita a execução das operações de alinhamento e ataque da via com o mesmo equipamento convencional de conservação da via, uma vez que a camada betuminosa é colocada sob o balastro;
- maior proteção do balastro, reduzindo a possibilidade de contaminação dos finos e por outro lado, a camada betuminosa é protegida pelo balastro face às variações de temperatura e raios solares, retardando o seu envelhecimento;
- constitui uma camada praticamente impermeável, contribuindo para uma melhor drenagem de água;
- em obra, possibilita uma menor quantidade de agregados a transportar e uma redução das cargas transmitidas aos aterros, dada a menor espessura desta camada, assim como permite maiores rendimentos de trabalho, uma vez que proporciona uma superfície de circulação, pouco tempo após a colocação;
- permite uma diminuição das vibrações e ruídos.

Comparando com as soluções expostas nos subcapítulos anteriores, a via de apoio misto apresentasse como uma solução intermédia, no que se refere ao desenvolvimento tecnológico da via. Os custos de construção das soluções de via de apoio misto são ligeiramente superiores aos da via balastrada, mas inferiores aos da via não balastrada.

Relativamente aos custos de conservação, a via de apoio misto não se revela uma solução tão adequada como a via não balastrada, mas em contrapartida apresenta bastantes vantagens sobre a via balastrada [Paixão e Fortunato, 2009].

As soluções de via de apoio misto têm vindo a ser desenvolvidas em vários países, sendo a sua aplicação bem sucedida, por exemplo, nas linhas italianas de alta velocidade.

No entanto, estas soluções não têm tido uma ampla aplicação, pois são relativamente caras e os resultados nem sempre foram os melhores, essencialmente a médio e longo prazo (10 a 20 anos). Além disso, é difícil controlar a execução da camada e é difícil detetar comportamentos anómalos em tempo oportuno, levando a que a necessidade de reparação seja detetada apenas numa fase avançada de deterioração [Fortunato, 2005].

2.4 Inovações na Via Balastrada

Os exemplos de inovações que se apresentam constituem desenvolvimentos de soluções que tentam dar resposta a alguns dos problemas conhecidos da via tradicional balastrada.

Verificando-se um incremento de velocidades de circulação e elevados volumes de tráfego em algumas linhas, estas inovações têm por principal objetivo reduzir as tensões transmitidas ao balastro, diminuindo assim a sua deterioração e, conseqüentemente, os custos de conservação [Paixão; Fortunato, 2009].

A solução alemã *Wide Sleeper Track* (Figura 2.37) consiste em travessas mais largas, apresentando quase o dobro do peso e da área das travessas mais usuais, permitindo reduzir em mais de 40% as tensões transmitidas ao balastro.

Contudo, apresenta alguns problemas relativos às operações de ataque de via, uma vez que só é possível compactar o balastro a partir da extremidade das travessas, numa zona mais afastada do eixo da via, pois o seu elevado peso dificulta o acesso ao balastro que se encontra abaixo destas.



Figura 2.37: Solução alemã de travessas, Wide Sleepers Track [Paixão; Fortunato, 2009]

Outra solução de travessas, desenvolvida na Áustria, designada por *Sleeper-frame* (*travessa longarina*), é uma grelha que se apoia continuamente sobre o balastro, na direção longitudinal. Trata-se de uma estrutura em forma de duplo H, em betão pré-esforçado (Figura 2.38)

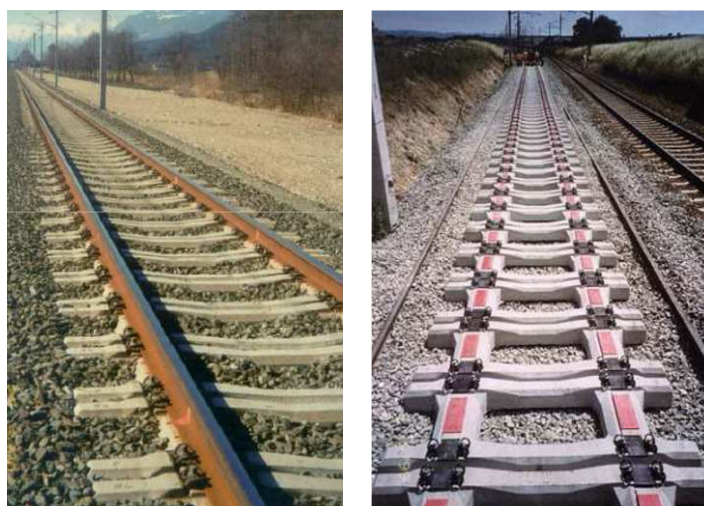


Figura 2.38: Solução austríaca de travessas, Sleeper-frame [Fontul, 2010; Paixão e Fortunato, 2009]

A existência de elementos longitudinais, praticamente contínuos, permite ainda que os carris sejam apoiados pontualmente com espaçamentos mais reduzidos, contribuindo para uma maior uniformidade da via e redução parcial da componente dinâmica da solicitação [Paixão e Fortunato, 2009].

Tal como na solução anterior, o maior peso e área dos elementos, conferem à via uma maior estabilidade e reduzem as tensões transmitidas ao balastro, reduzindo assim a sua deterioração.

A via *Ladder Track* (*travessa em escada*), desenvolvida no Japão, tenta também tirar partido do contacto contínuo entre a travessa e o balastro. Esta solução consiste em vigas paralelas de betão pré-esforçado, sob cada carril, ligadas transversalmente entre si por elementos em aço (Figura 2.39).

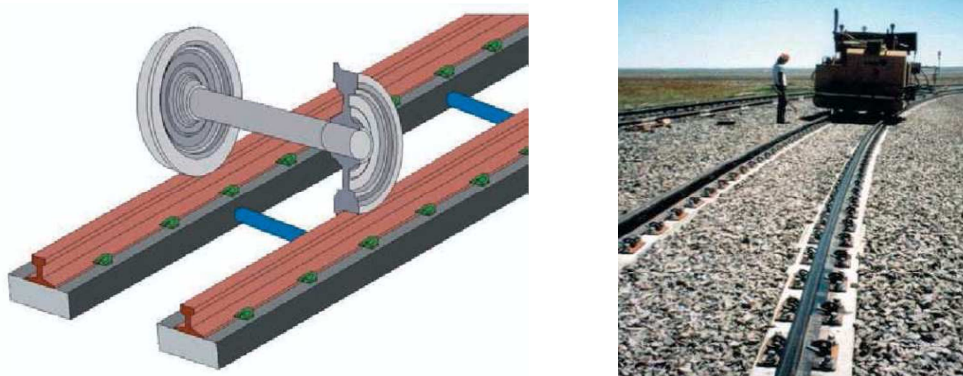


Figura 2.39: Contacto contínuo entre a travessa e o balastro, conferido pela solução Japonesa Ladder Trac [Paixão e Fortunato, 2010]

Esta solução necessita de disposições específicas em curva e a sua instalação é pouco flexível em zonas que apresentem variação de escala.

Para além de soluções inovadoras no campo de travessas, constituem outras soluções, a colocação de elementos resilientes em elementos da via. Essa colocação pode ser feita, por exemplo, na face inferior das travessas tradicionais e/ou sob a patilha do carril, como se pode ver na Figura 2.40.

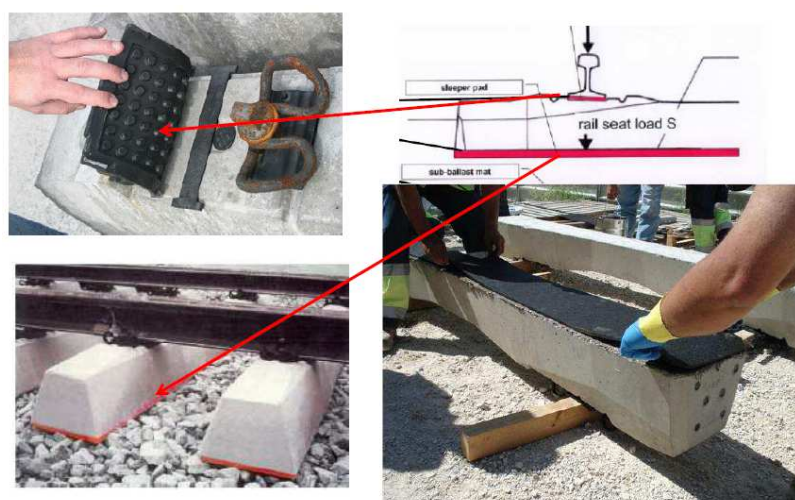


Figura 2.40: Soluções com palmilhas elásticas com rigidez variável [Fontul, 2010]

Esta solução torna possível a redução das tensões de contacto pontual entre a face inferior das travessas e as partículas de balastro, uma vez que se estabelece um maior número de pontos de contacto.

O esforço no desenvolvimento de soluções para a via balastrada está concentrado, na redução de custos de conservação, com o objetivo de reduzir o custo de ciclo de vida.

2.5 Considerações Finais

Ao longo deste capítulo, é feita a caracterização das vias balastradas, da via em laje e da via de apoio misto, apresentando-se as principais diferenças entre os vários sistemas. Considera-se ainda, uma pequena abordagem sobre as inovações na via balastrada.

Da revisão bibliográfica apresentada neste capítulo, salienta-se a seguinte análise comparativa entre os sistemas de via balastrada e de via não balastrada:

- Vantagens da via balastrada em relação à via não balastrada: maior flexibilidade de construção, reparação e manutenção; melhor conhecimento dos custos de ciclo de vida e duração; maior eficiência de atenuação de ruídos e vibrações; possibilidade de reutilização do balastro, como material secundário; facilidade em modificações do traçado [Vale, 2010; Fontul, 2010].
- Desvantagens da via balastrada em relação à via não balastrada: custos de manutenção mais elevados durante a sua vida útil; desgaste do balastro, por abrasão e fragmentação; existência de maiores volumes de construção, dado que a via balastrada apresenta geralmente uma seção transversal de maior espessura, logo obriga a maiores movimentos de terras; resistência lateral limitada com consequências na estabilidade da via com carris constituídos por barras longas soldadas [Vale, 2010; Fontul, 2010].

Capítulo 3

Sistemas de Inspeção de Via Férrea

3.1 Considerações Gerais

Face à necessidade de utilizar, simultaneamente, a mesma infraestrutura para o transporte de mercadorias e de passageiros, as ferrovias são, atualmente, um enorme desafio de engenharia. Um desafio acrescido pelo facto de, muitas vezes, haver necessidade de renovar a infraestrutura existente.

Tendo em vista obter estruturas que exibam um elevado desempenho, minimizando o risco potencial destas nas pessoas e no meio ambiente, é necessário desenvolver processos de garantia da qualidade, que imponham procedimentos adequados nas diversas fases da vida das obras, nomeadamente durante a conceção, a construção e a operação.

O comportamento da via-férrea ao longo da sua vida útil depende de vários fatores e da combinação de diversos deles, nomeadamente:

- i) qualidade de construção da via face às características do tráfego – qualidade inicial ou intrínseca, que depende das características de cada um dos componentes e do sistema global (superestrutura e subestrutura);
- ii) geometria da via;
- iii) sistema de diagnóstico e de controlo do comportamento;
- iv) política de conservação, de reabilitação e de renovação;
- v) tolerâncias e desvios admissíveis, estabelecidos em função dos tipos de tráfego;
- vi) fatores característicos da interação roda/carril.

Todos estes fatores contribuem para a variação do estado da via e para o seu desempenho [Fortunato, 2005].

A inspeção é a base de deteção dos defeitos que vão aparecendo ao longo da vida útil de uma via. Por sua vez, o tratamento deve ser dirigido para a supressão das causas dos defeitos de modo a que estes não reapareçam e obriguem a outra intervenção da via. Para analisar as possíveis causas da

origem do defeito deve-se dispor de um relatório de inspeção detalhado e totalmente fiável, a ponto a ser analisado mais tarde.

São as distintas inspeções à via e as auscultações geométricas e ultrassónicas que permitem proceder ao levantamento das necessidades de substituição de materiais, correção da geometria da via, execução de limpezas da via, bem como as lubrificações periódicas que garantam a segurança, fiabilidade e disponibilidade da infraestrutura.

Para a sua concretização é imprescindível realizar inspeções à via, quer aos materiais, quer à sua geometria e zonas adjacentes.

Estas inspeções realizadas a pé e/ou em veículos monitorizados têm distintos objetivos. Verificando-se nas visitas a pé o estado dos materiais e dos equipamentos instalados, bem como estado dos sistemas de drenagem. Nas visitas em veículos monitorizados é analisado o comportamento da superestrutura, aquando da passagem de cargas e velocidades reais a que a via se encontra sujeita.

A frequência das inspeções depende dos critérios de avaliação impostos pelas administrações ferroviárias e da importância de cada uma das linhas. Toda a informação que se obtém a partir destas inspeções, ajuda a decidir-se se deve considerar a renovação da via ou não.

Assim, para se conseguir realizar um bom acompanhamento e manutenção da infraestrutura, é necessário [Aribau, 2004]:

- Um conhecimento detalhado do comportamento real dos elementos da via e dos parâmetros geométricos, através da monitorização;
- A descentralização de recursos técnicos e humanos.

A medição geométrica da via e dos diversos tipos de aparelhos de via, consiste no levantamento geométrico dos principais parâmetros a conservar numa via-férrea, para que esteja sempre salvaguardada a segurança e o conforto dos passageiros.

As vantagens desta atividade incidem, essencialmente, no diagnóstico de possíveis anomalias. Desta forma, é possível rentabilizar as infraestruturas, bem como aumentar o ciclo de vida da via e dos diversos aparelhos que a constituem.

O levantamento geométrico dos parâmetros da via permite ao Operador de Transportes controlar o estado da via-férrea e dos seus aparelhos, avaliar as condições de exploração e os condicionalismos à circulação dos veículos.

Nas redes de transportes ferroviários, onde é fundamental garantir aos passageiros rapidez e frequência de passagem de veículos, o bom estado de conservação da via é essencial, pelo que é necessário garantir a geometria da via dentro de valores aceitáveis para as quais foi projetada.

3.2 Avaliação da Qualidade Geométrica da Via

As ações que mais contribuem para a degradação de uma via-férrea são as aplicadas aos carris pelos comboios. Estas ações são transmitidas à fundação pela superestrutura e dependem da intensidade das cargas, da sua frequência de aplicação, da velocidade de circulação, da qualidade do material circulante, das características da própria superestrutura (tipo de carris; natureza, estado e espessura do balastro; tipo e afastamento das travessas; tipo de ligações) e do respetivo estado de conservação.

De entre as consequências da degradação de uma via-férrea destaca-se, pela sua importância, a perda da regularidade geométrica dos carris, quando da passagem dos comboios. A manutenção dessa regularidade depende: do comportamento da superestrutura ferroviária e da respetiva fundação; do modo como for programada e executada a conservação da superestrutura, da infraestrutura e do próprio material circulante.

3.2.1 Parâmetros Geométricos

A qualidade de uma via-férrea para comboios de passageiros comporta dois aspetos: i) a qualidade relacionada com parâmetros de conforto e com parâmetros de segurança, a qual depende do traçado e dos parâmetros geométricos adotados; ii) a qualidade resultante das características dos materiais utilizados e da adequada execução dos trabalhos de construção da via [Fortunato, 2005].

Os parâmetros geométricos medidos aquando da inspeção são utilizados para a avaliação e caracterização da qualidade geométrica da via, sendo estes [IT.VIA.018, 2009]:

- **Nivelamento longitudinal** - perfil longitudinal da face superior de cada um dos carris no plano vertical, em relação à posição teórica estabelecida em projeto; Corresponde ao desvio Z_p na direção Z, perpendicular ao plano de rolamento, em consecutivas posições, do eixo de cada carril, em relação a uma linha de referência paralela ao plano de rolamento, calculado em sucessivas medições (Figura 3.1).

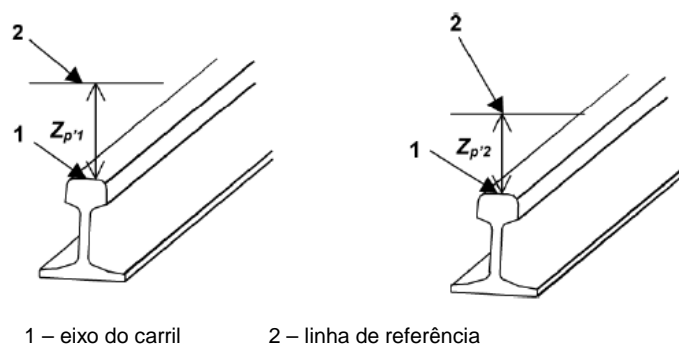


Figura 3.1: Nivelamento Longitudinal [IT.VIA.018, 2009]



Figura 3.2: Nivelamento Longitudinal [Teixeira, IST]

- **Nivelamento transversal** - Diferença em altura da mesa de rolamento de cada carril obtida pelo ângulo entre o plano de rolamento e o plano horizontal de referência. Corresponde à dimensão do cateto vertical de um triângulo retângulo que tem como hipotenusa um valor de referência representativo da distância entre os eixos dos carris (Figura 3.3).

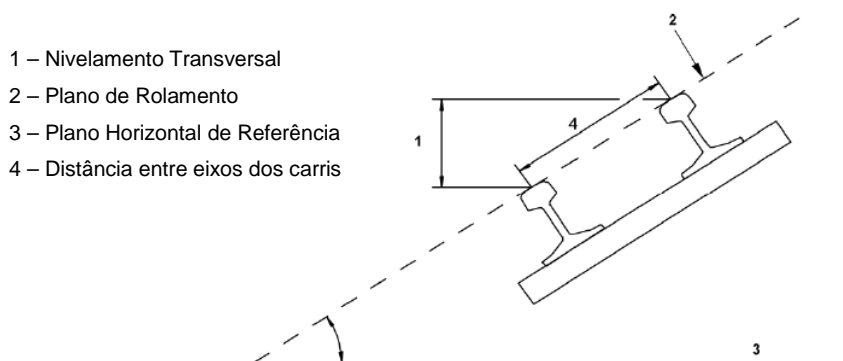


Figura 3.3: Nivelamento Transversal [IT.VIA.018, 2009]

- **Bitola** - menor distância G , entre as faces internas da cabeça de dois carris adjacentes, medida no ponto P a uma distância Z_p do plano de rolamento, que varia entre 0 mm e 15 mm (Figura 3.4).

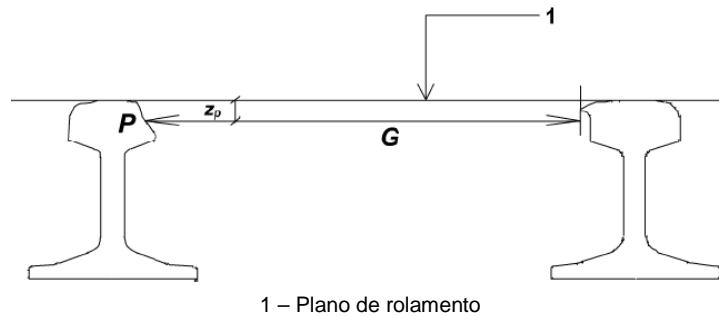


Figura 3.4: Bitola [IT.VIA.018, 2009]

A Figura 3.5 sugere vários valores de bitola, no entanto ao longo desta análise apenas se destaca as bitolas Ibérica (1668mm) e Europeia/UIC (1435mm).

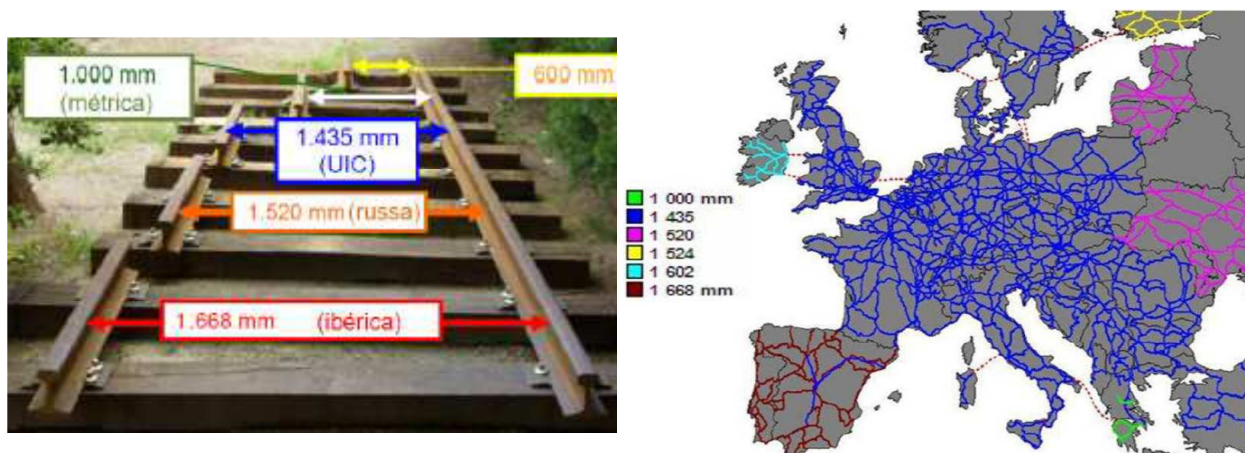


Figura 3.5: Bitola, [RAVE, 2008 citado por Fontul, 2010]

- **Alinhamento** - Desvio Y_p na direção y , paralela ao plano de rolamento, em consecutivas posições, de P em cada carril, em relação a uma linha de referência intermédia, calculado em sucessivas medições (Figura 3.6).

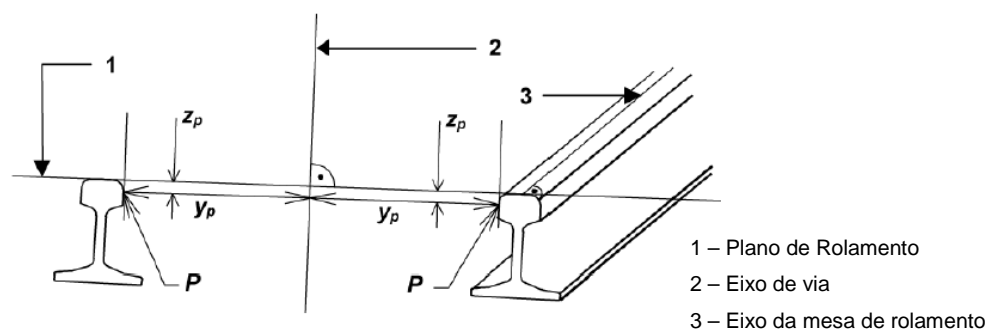


Figura 3.6: Alinhamento [IT.VIA.018, 2009]

- **Empeno** - Considerando-se quatro pontos sobre a mesa de rolamento dos carris, dois sobre cada carril, formando um retângulo, define-se como empeno, a distância vertical de um dos pontos ao plano formado pelos outros três. Na prática, o valor do empeno corresponde à diferença de dois nivelamentos transversais numa determinada base de medição. O empeno pode ser calculado numa base de 3m ou de 9m (Figura 3.7)

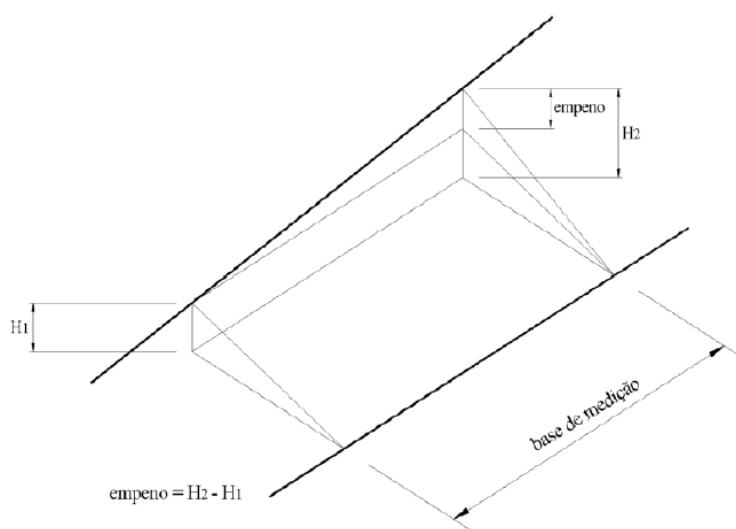


Figura 3.7: Empeno [IT.VIA.018, 2009]

Para além dos parâmetros geométricos da via acima enunciados também as irregularidades ou defeitos pontuais da via, das rodas do veículo e do carril, merecem atenção aquando das inspeções [Baldeiras, 2008]:

- **Plataforma da Via**

- Medição do balastro;
- Identificação de troços com balastro contaminado;
- Detecção de seções de via com problemas de drenagem;
- Medição de espessura das camadas de sub-balastro;

- Localização de intrusões (cabos, tubos, etc.).
- **Carril, Travessas e Fixações**
 - Perfil Transversal do carril;
 - Defeitos Internos do carril;
 - Defeitos Superficiais do carril;
 - Desgaste Ondulatório do carril;
 - Fissuração de travessas;
 - Posição das travessas;
 - Falha de elementos de fixação;
 - Folgas nas juntas.
- **Perfil Transversal de Via**
 - Distância de obstáculos;
 - Perfil do balastro;
 - Distância do entre eixo de via;
 - Distância a Plataforma;
 - Altura da Plataforma.

Estas irregularidades são pormenorizadamente abordadas no subcapítulo 4.3, capítulo que destaca a inspeção visual a pé.

3.2.2 Valores Limite de Avaliação da Via

A medição destes parâmetros mencionados no subcapítulo anterior, com o intuito de caracterizar a via-férrea, é realizada, periodicamente, por um veículo de inspeção geométrica da via.

De forma a avaliar o nível da qualidade geométrica da via, estes parâmetros são comparados com limites de alerta, de intervenção e de ação imediata, indicados em vários documentos, tais como, ETI (2008), EN13848-5 (2008) e UIC51 (2005).

A Especificação Técnica de Interoperabilidade [ETI, 2008] apresenta os valores limites de empeno, variação de bitola, nivelamento transversal e longitudinal e alinhamento, para os níveis de ação imediata, de segurança, de intervenção e de alerta.

A avaliação da qualidade geométrica apresenta um papel fundamental no que diz respeito à gestão das operações de manutenção por parte das administrações ferroviárias. A Especificação Técnica de Interoperabilidade [ETI, 2008], no que se refere aos níveis de ação, define que:

- *limite de ação imediata*, refere-se ao valor que, caso seja excedido, leva a que o gestor da infraestrutura tome medidas para reduzir o risco de descarrilamento para um nível aceitável. Estas medidas podem consistir no encerramento da linha, na redução da velocidade ou na correção geométrica da via;
- *limite de intervenção*, refere-se ao valor que, caso seja excedido, exige uma manutenção corretiva para que o limite de ação imediata não seja atingido antes da inspeção seguinte;
- *limite de alerta*, refere-se ao valor que, caso seja excedido, exige que o estado geométrico da via seja analisado e tido em conta nas operações de manutenção previstas.

Segundo a ETI, 2008, o gestor da infraestrutura deve determinar os limites adequados de ação imediata, de intervenção e de alerta em relação aos parâmetros geométricos referidos em 3.2.1. Esta norma refere ainda que os parâmetros como o nivelamento e o alinhamento se devem reger pelo limite de alerta, enquanto o empeno e a bitola, como defeitos isolados, se devem reger pelo limite de ação imediata.

Neste sentido, o limite do empeno da via, Figura 3.8, é função da base de medição aplicada (l) que se traduz na fórmula (3.1) e a variação de bitola é função da classe de via, o Quadro 3.1 define os valores limite [ETI, 2008]:

$$\text{Empeno limite} = (20 / l + 3) \quad (3.1)$$

Sendo l a base de medição (em m), com $1,3 \text{ m} \leq l \leq 20 \text{ m}$ com um valor máximo de 7 mm/m para as linhas concebidas para velocidades $\leq 200 \text{ km/h}$ e de 5 mm/m para as linhas concebidas para velocidades $> 200 \text{ km/h}$.

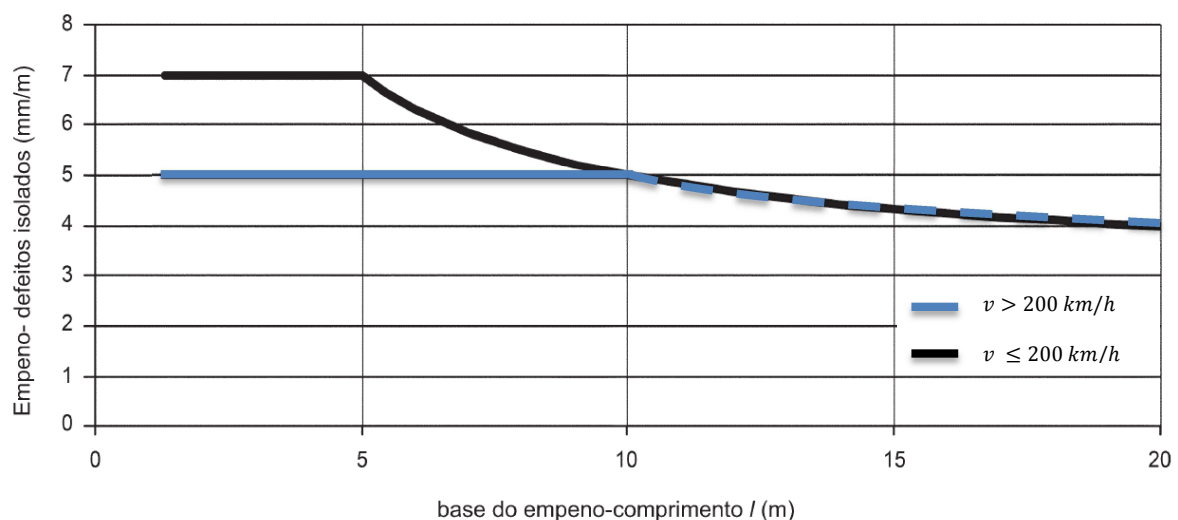


Figura 3.8: Valores máximos de empeno em função da base de medição e da velocidade (v) [adaptado de ETI, 2008]

Quadro 3.1: Valores limite de variação de bitola [ETI, 2008]

Velocidade (km/h)	Dimensões em milímetros	
	Bitola nominal a valor de pico	
	Bitola mínima	Bitola máxima
$V \leq 80$	-9	+35
$80 < V \leq 120$	-9	+35
$120 < V \leq 160$	-8	+35
$160 < V \leq 230$	-7	+28
$V > 230$	-5	+28

De salientar que o gestor da infraestrutura deve ter em conta os limites de qualidade da via utilizados como base da receção dos veículos. Os requisitos para a receção dos veículos são enunciados na ETI Material Circulante AV [ETI, 2008].

A decisão da realização ou não de ações de manutenção deverá ser tomada tendo em consideração os limites acima referidos.

As vias-férreas, dependendo da velocidade de circulação, são classificadas em várias categorias [ENV13803-1 (2007)]:

- I** linhas de tráfego misto, com velocidades para comboios de passageiros de 80km/h até 120km/h no máximo;
- II** linhas de tráfego misto, com velocidades para comboios de passageiros superiores a 120km/h e até 160km/h no máximo;
- III** linhas de tráfego misto, com velocidades para comboios de passageiros superiores a 160km/h e até 200km/h no máximo;
- IV** linhas de tráfego misto, com velocidades para comboios de passageiros superiores a 200km/h e até 300km/h;
- V** linhas de tráfego misto, com velocidades para comboios de passageiros superiores a 230km/h com veículos dotados de características especiais (reduzida massa por eixo, baixo coeficiente de souplesse, etc.);
- VI** linhas especialmente dedicadas ao tráfego de passageiros com velocidades entre 250km/h e 300km/h.

Para além da Especificação Técnica de Interoperabilidade [ETI, 2008], também a REFER segundo a IT.VIA.018, 2009 estipula valores para os parâmetros geométricos já mencionados de acordo com os limites de alerta (Quadro 3.2), de intervenção (Quadro 3.3) e de ação imediata (Quadro 3.4). São apresentadas em seguida as tolerâncias dos parâmetros geométricos para linhas de bitola Ibérica e Europeia.

a. Tolerância de Alerta

Quadro 3.2: Tolerâncias dos parâmetros geométricos para linhas de bitola 1668mm e 1435mm – Ação de Alerta [adaptado de IT.VIA.018, 2009]

Classe	I	II	III	IV	V	VI
Velocidade [km/h]	230 <V ≤ 300	160 <V ≤ 230	120 <V ≤ 160	80 <V ≤ 120	40 <V ≤ 80	V ≤ 40
Parâmetro [mm]						
Bitola	-3/+20	-4/+20	-6/+25	-7/+25	-7/+25	-7/+25
Bitola Média	-1/+16	-3/+16	-3/+16	-5/+22	-6/+25	n.a. /+25
Niv. Longitudinal D1	±10	±12	±15	±16	±18	±18
Niv. Longitudinal D2	±18	±20	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Alinhamento D1	±7	±8	±9	±11	±15	±15
Alinhamento D2	±13	±15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Empeno - base 3 m	±9	±9	±12	±12	±12	±12

b. Tolerância de Intervenção

Quadro 3.3: Tolerâncias dos parâmetros geométricos para linhas de bitola 1668mm e 1435mm – Ação de intervenção [adaptado de IT.VIA.018, 2009]

Classe	I	II	III	IV	V	VI
Velocidade [km/h]	230 <V ≤ 300	160 <V ≤ 230	120 <V ≤ 160	80 <V ≤ 120	40 <V ≤ 80	V ≤ 40
Parâmetro [mm]						
Bitola	-4/+23	-5/+23	-8/+30	-9/+30	-9/+30	-9/+30
Bitola Média	-2/+18	-4/+18	-4/+18	-6/+25	-7/+28	n.a. /+28
Niv. Longitudinal D1	±12	±14	±17	±19	±21	±21
Niv. Longitudinal D2	±20	±23	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Alinhamento D1	±8	±9	±10	±13	±17	±17
Alinhamento D2	±14	±17	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Empeno - base 3 m	±12	±12	±15	±15	±15	±15

Os pontos onde existam pelo menos dois parâmetros que excedam as Tolerâncias de Intervenção serão sujeitos aos procedimentos definidos na ação imediata [IT.VIA.018, 2009].

c. Tolerância de Ação Imediata

Quadro 3.4: Tolerâncias dos parâmetros geométricos para linhas de bitola 1668mm e 1435mm – Ação imediata [adaptado de IT.VIA.018, 2009]

Classe	I	II	III	IV	V	VI
Velocidade [km/h]	230 <V ≤ 300	160 <V ≤ 230	120 <V ≤ 160	80 <V ≤ 120	40 <V ≤ 80	V ≤ 40
Parâmetro [mm]						
Bitola	-5/+28	-7/+28	-10/+35	-11/+35	-11/+35	-11/+35
Bitola Média	-4/+20	-6/+20	-6/+20	-8/+27	-9/+32	N.a. /+32
Niv. Longitudinal D1	±16	±20	±23	±26	±28	±31
Niv. Longitudinal D2	±28	±33	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.
Alinhamento D1	±10	±12	±14	±17	±22	±25
Alinhamento D2	±20	±24	N.a.	N.a.	N.a.	N.a.
Empeno - base 3m	±15	±15	±21	±21	±21	±21

Caso os defeitos da via se tornem valores de emergência, deverá ser ordenada uma imediata redução da velocidade de circulação, até que as ações de manutenção e reparação da via sejam efetuadas de forma a reduzir os valores dos defeitos.

3.3 Veículos de Inspeção da Via (VIV)

Existem várias abordagens diferentes, na inspeção ferroviária. Atualmente as tecnologias incluem: métodos de inspeção eletromagnéticos, medição com laser, técnicas de ultrassons para inspecionar a estrutura interna do carril, radares de prospecção para inspeção do balastro e do sub-balastro e métodos para avaliar anomalias que se geram no contacto roda-carril. Estão a ser também desenvolvidos equipamentos para avaliação da rigidez da via [Berggren, 2009].

Os defeitos na via, há algumas décadas atrás, eram detetados visualmente, permitindo esta análise a deteção de defeitos tão grandes quanto os possíveis a “olho nu”, ou recorrendo a instrumentos simples. Contudo, nos últimos tempos, a tecnologia moderna associada às vias-férreas é usada para a análise das vias em intervalos específicos [Profillidis, 2006]:

- Três vezes por ano (vias principais);
- Duas vezes por ano (para vias intermédias);
- Uma vez por ano (para as restantes vias).

Na rede Nacional, a linha Porto-Faro é inspecionada quatro vezes por ano e a restante rede duas vezes por ano.

Os equipamentos que realizam estas medições têm como principal função, detetar com exatidão defeitos, variações no perfil e irregularidades da via que possam resultar em condições perigosas ou de desconforto.

Após o registo de todos os parâmetros aferidos, é realizada a comparação com os valores padrão definidos por várias normas, tais como a ETI (2008), EN13848-5 (2008) e UIC51 (2005).

Existem várias abordagens, na inspeção ferroviária. Neste contexto, e procurando anular as limitações dos ensaios clássicos, surgem os ensaios não destrutivos (END). Como o nome sugere, estes métodos provocam pouco ou nenhum dano na estrutura (alguns destes simulam condições de serviço reais, provocando cargas semelhantes aos da sua utilização).

Sendo métodos não invasivos, podem ser realizados com a estrutura em utilização, embora a sua maior vantagem resida no facto de, em algumas circunstâncias, permitirem que os defeitos sejam identificados numa fase inicial do seu desenvolvimento [Pedrosa, 2009].

A título de exemplo, como técnicas de ensaio não destrutivas, enunciam-se: i) o raio-X; ii) os ultrassons; iii) os Métodos eletromagnéticos; iv) a emissão acústica; v) os infravermelhos; vi) o laser; vii) a ressonância Magnética; viii) os métodos esclerométricos; ix) os ensaios de carga.

Os END têm vindo a ganhar influência no meio técnico de, praticamente, todas as áreas da engenharia.

Nas infraestruturas de transporte, em particular, o potencial destes métodos é colossal, atendendo a que se trata de estruturas com grande desenvolvimento linear. Estes métodos oferecem vantagens sobre outras técnicas por alguns motivos: i) não são invasivos, algumas outras abordagens são prejudicadas por aplicação de lubrificante ferroviário; ii) são precisos; iii) oferecem a possibilidade de medir vários parâmetros da via simultaneamente [Babenko, 2006].

Os ensaios de conformidade levados a cabo durante a construção e os ensaios de caracterização da estrutura e monitorização do seu comportamento, realizados ao longo da sua vida, desempenham um papel fundamental.

Fruto da sua simplicidade, rapidez e custo, os ensaios clássicos são os mais utilizados. Durante a operação é usual medir a geometria da via e proceder a inspeções periódicas ao nível da superestrutura. Os ensaios que envolvem a subestrutura são realizados apenas em situações excecionais, após se verificar a existência de anomalias [Pedrosa, 2009].

Contudo, no âmbito da engenharia ferroviária, nota-se uma preocupação crescente em proceder também ao acompanhamento regular da subestrutura, de forma a prever eventuais defeitos que possam pôr em causa a regular exploração da estrutura e cujo desenvolvimento pode conduzir a trabalhos de manutenção de grande vulto, longos e dispendiosos [Pedrosa, 2009].

Dos equipamentos de inspeção ferroviária, que são abordados no subcapítulo que se segue, nenhum recorre a métodos de prospeção invasivos, de modo a permitir a caracterização da via-férrea.

Por forma, a facilitar a descrição das características dos equipamentos de inspeção ferroviária que se seguem, torna-se viável a distinção destes em dois grupos: i) os equipamentos manuais; ii) os equipamentos automáticos.

3.3.1 VIV - Manuais

Trolley

O *Trolley* (Figura 3.9) é um equipamento leve e de propulsão humana que afere parâmetros na via tais como a torção, o empeno, a bitola, a escala e o nivelamento.

É de fácil manipulação e conta com sensores analógicos que recolhem os dados e os enviam para um terminal de bordo que efetua a descodificação das informações analógicas para o formato digital.

Este equipamento é dotado de um sistema de ultrassom que avalia as condições mecânicas do carril, detetando sinais de fadiga e fissuras internas, através da emissão de raios x na superfície do carril.

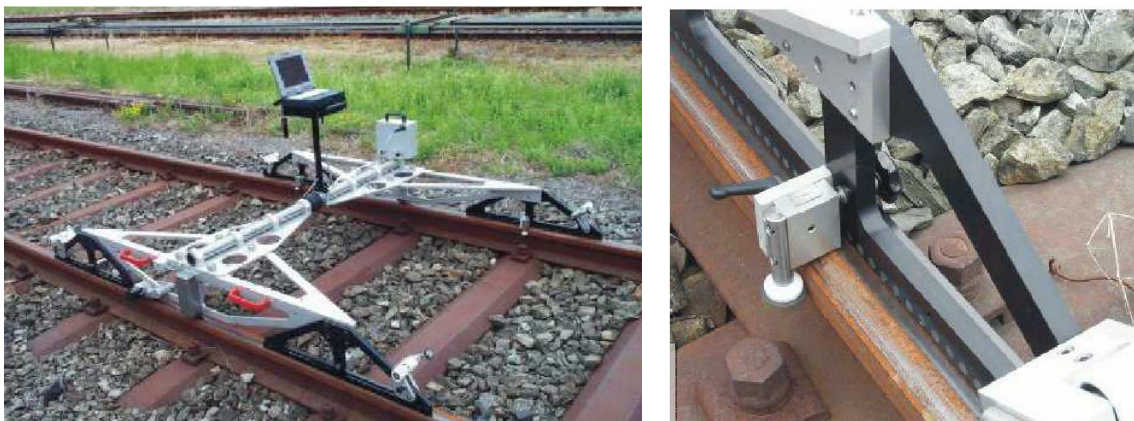


Figura 3.9: Trolley – equipamento de avaliação de via [PROTUSEC, 2012]

Laserail

O *Laserail* (Figura 3.10) pertence à família dos equipamentos de medição portáteis. É integrado num computador, que através de um sistema de laser faz a leitura do perfil do carril em alinhamento reto e

curvo, desenhando o perfil desgastado sobre o novo perfil, e fornece dados como o desgaste sofrido e a perda da área da cabeça do carril.

O processo de medição é extremamente simples. Todos os dados são acumulados de forma digital e passados para uma base de dados, onde são efetuadas as comparações com medições anteriores, de forma a criar um acompanhamento do desgaste do perfil.

O programa sobrepõe as medições e compara-as com as dimensões de um carril novo. Com a precisão de décimas de milímetro, fornece diretamente informações tais como o valor da perda percentual da cabeça do carril. Posteriormente, é conectado a um computador, onde é possível sobrepor a imagem do perfil do carril medido com uma imagem correspondente a um carril novo [Leal, 2009].



Figura 3.10: Laserail – Equipamento de avaliação do carril [RT, 2012; PR, 2012]

MiniProfRail

A empresa dinamarquesa *Greenwood Engineering* apresenta o *MiniProfRail* como um fácil e prático equipamento de monitorização da via.

A operação rápida do *MiniProf* reduz a exposição na via de quem inspeciona. O *MiniProfRail* é uma ajuda única para o transporte ferroviário, pois o cálculo instantâneo e preciso dos parâmetros de desgaste permite otimizar a sua manutenção.

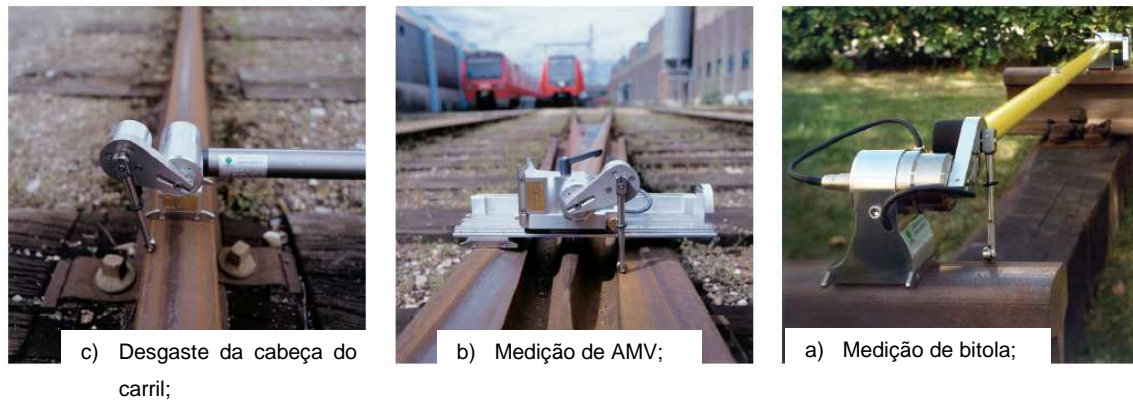


Figura 3.11: MiniProfRail – Medição de parâmetros geométricos da via [Greenwood,2012]

O *MiniProfRail* é ligado magneticamente à parte superior da cabeça do carril, tal como se observa na Figura 3.11 utilizando o carril oposto como referência através uma haste telescópica. Um dispositivo pode ser perpendicular montado na haste telescópica para garantir um alinhamento correto com o carril.

3.3.2 VIV – Automáticos

Veículo de Inspeção da Via - EM120

O Veículo de Inspeção da Via (VIV) é dos equipamentos mais utilizados para proceder à análise da respetiva geometria (Figura 3.12). A utilização de um veículo que circula a velocidade semelhante à de um comboio normal, podendo atingir velocidades de 120 km/h, tem a vantagem de avaliar de forma mais realista do que outros métodos o desempenho da via, já que os registos são obtidos em condições de solicitação dinâmica semelhantes às que ocorrem durante a passagem dos comboios. Estes equipamentos permitem uma representação contínua do meio, nas secções transversal e longitudinal, fazendo uso de tecnologias não destrutivas e que não necessitam de interrupção do tráfego [Fortunato, 2005].



Figura 3.12: Veículo de Inspeção da Via do tipo EM120-REFER [adaptado, Fontul 2010; REFER, 2001]

Os veículos que fazem a leitura e o registo a maiores velocidades requerem a utilização de técnicas de medida isentas de contacto, como por exemplo a técnica de triangulação por laser [Fortunato, 2005].

Os diferentes parâmetros registados sob a forma numérica e gráfica fornecem uma informação em tempo real, permitindo verificar se os valores lidos se encontram dentro dos intervalos admitidos para, por exemplo: as tolerâncias de receção de linhas novas ou renovadas; as tolerâncias de conservação de via; e as tolerâncias de segurança.

Este equipamento de medição é constituído por: um recetor *GPS* (*Global Positioning System*) que indica a posição do veículo na Terra, permitindo estabelecer uma referência inicial e avaliar as medições efetuadas; uma “caixa inercial” (*IMU-inertial measuring unit*) constituída por três acelerómetros que medem acelerações, as quais através de dupla integração são transformadas em deslocamentos segundo três eixos que formam entre si 90° , e três giroscópios que medem as variações angulares em torno desses mesmos eixos; um *encoder* que indica a distância percorrida pelo veículo através da consideração do número de rotações e do perímetro de um dos rodados; um equipamento laser-ótico de medição da bitola (*OGMS - optical gage measuring system*), que mede a distância entre a projeção do centro do eixo do *bogie* traseiro sobre o plano onde a bitola é medida (paralelo e 15 mm abaixo do plano de rolamento) a cada um dos carris; e um sistema de medição da espessura das camadas com *GPR* (*Ground Penetrating Radar*), uma aquisição deste veículo em 2009 [Fontul, 2010; Fortunato, 2005]. Mais recentemente, em 2011, foi adquirido um equipamento para medição do desgaste ondulatório com laser.

Quando o veículo entra em movimento o *IMU* efetua medições sem contato físico com a via, com frequência de 200 Hz, isto é, a cada 0,005 segundos é definida uma nova posição do *IMU*, e diretamente a posição dos carris [Fontul, 2010].

O *VIV-EM120* permite a marcação física na via nos locais onde são detetadas as anomalias. Normalmente são marcados os locais com defeitos de empeno por se considerar que são os que trazem maior risco para a circulação.

O *VIV-EM120* dispõe de aplicações informáticas para determinar automaticamente: i) todos o troços de via em que um ou mais parâmetros geométricos excedem as respetivas tolerâncias, determinando o seu comprimento, o valor máximo e a respetiva localização; ii) os índices de qualidade da via em tempo real, com base nas variações da aceleração, as quais são calculadas pelas flechas, considerando a velocidade máxima permitida na linha. A tolerância dos parâmetros geométricos depende da velocidade praticada na linha e da classificação da mesma. Os valores encontram-se definidos no subcapítulo 3.2.2.

Para analisar os dados obtidos são utilizados índices de qualidade que permitem estabelecer classificações qualitativas que têm por base parâmetros geométricos. Habitualmente, definem-se os índices seguintes: i) Índice de Qualidade do Nivelamento (*TAMP*); ii) Índice de Qualidade do Alinhamento (*LINE*); iii) Índice de Qualidade da Bitola (*GAGE*); iv) Índice de Qualidade Global da Via (*TQI - Track Quality Index*).

O índice de qualidade normalmente utilizado é o *TQI*, por se considerar ser um índice global. O critério utilizado para definir o nível de qualidade da via é o apresentado no Quadro 3.5.

Quadro 3.5: Níveis de Qualidade da via [Fortunato, 2005]

TQI	Nível de Qualidade
$0 \leq TQI \leq 150$	Bom
$150 < TQI \leq 200$	Aceitável
$200 < TQI \leq 250$	Deficiente
$TQI > 250$	Mau

A utilização do *VIV-EM120* permite realizar dois tipos de estudos, uma microanálise, em que a análise de defeitos é possível em trechos de 200m e uma microanálise, a qual contribui para a definição de estratégias de intervenção e de afetação de meios.

Veículo de Inspeção da Via para alta velocidade - Iris 320

Este equipamento, conhecido por Comboio de Medidas a Alta Velocidade, não é mais do que a adaptação de um veículo que faz normalmente a circulação na via a alta velocidade com equipamento de medição e que regista as interações entre o material circulante e a via.

Aplica os seguintes sistemas de medição para a via [Fontul, 2010]:

- Geometria da via – com aplicação de carga, medida por laser, câmara e grupo inercial (*IMU*);
- Acelerações caixa de eixo – permitem análise de defeitos curtos;
- Defeitos da mesa de rolamento – com apoio do sistema IVOIRE, permitindo uma análise em tempo real das imagens que proveem de uma câmara linear;
- Ruídos de Rolamento – ondulações curtas e defeitos específicos.

O IRIS 320 consiste num VIV complexo no que se refere à sua composição, pois contém 150 sensores, 12 estações de trabalho, 20 km de fibra ótica, 30 km de cabos, 18 antenas no “telhado” do comboio e duas estruturas para a observação da catenária (Figura 3.13).



Figura 3.13: IRIS320 – Veículo de Avaliação de Via [Fontul, 2010]

A bordo deste VIV, os operadores validam em tempo real os dados em bruto e os dados processados, fornecidos pelos sistemas de medição (Figura 3.14). Eles controlam ainda a localização da inspeção e lançam processos complementares com base em amostras de modo a construir uma base de dados durante cada avaliação [Aribau, 2004].

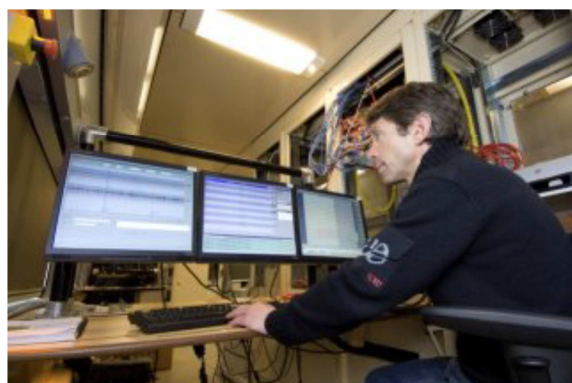


Figura 3.14: Tratamento de dados aquando da avaliação da via com o IRIS320 [Fontul, 2010]

Os dados obtidos a partir destes VIV-IRIS320, são do tipo numérico e gráfico, e processados à posteriori de modo a determinar o estado da via com mais detalhe e rapidez.

Os VIV-IRIS320 são úteis na deteção de defeitos para que se possa agir rapidamente com o processo de conservação.

Composto pelo sistema *Ivoire* para controlar os defeitos da superfície do carril, fornecendo mais informações sobre o estado da via. Atualmente, este equipamento de inspeção é usado apenas em alta velocidade.

3.4 Equipamentos Não Destrutivos de Avaliação da Condição da Via

Dos diversos métodos de avaliação da capacidade de carga normalmente utilizados na auscultação de pavimentos e que têm potencialidades para aplicação na avaliação das infraestruturas ferroviárias, destacam-se como equipamento de ensaio de carga o defletómetro de impacto pesado (FWD), o defletómetro de impacto ligeiro (DIP). Um outro equipamento, cuja utilização nas vias-férreas apesar de ser recente apresenta muitas potencialidades, é o Radar de Prospeção que permite a identificação da condição das camadas da superestrutura e subestrutura ao longo da via. De seguida são apresentados brevemente os equipamentos acima referidos.

3.4.1 Defletómetro de Impacto (FWD – Falling Weight Deflectometer)

O defletómetro de impacto é, atualmente, um dos equipamentos mais utilizados na Europa para a medição de deflexões no âmbito do estudo da avaliação de capacidade de carga em pavimentos rodoviários e aeroportuários. No entanto, ao longo de vários estudos e atualizações deste equipamento, é possível e viável recorrer a este tipo de equipamento na via-férrea.

O defletómetro de impacto consiste num atrelado onde está instalado o sistema de geração de carga e os dispositivos que permitem a medição das deflexões, geofones (Figura 3.15). A aquisição dos dados e o comando dos ensaios são efetuados no interior do veículo rebocador, no qual se encontra o computador. Existem também versões em que todo o equipamento de ensaio está incorporado num veículo adaptado [Antunes, 1993].



Figura 3.15: Defletómetro de impacto pesado do LNEC [Fortunato, 2005; Fernandes, 2011]

O ensaio de carga com o FWD consiste na aplicação, à superfície de uma pavimento, de uma força de impulso gerada pela queda de uma massa de determinada altura sobre um conjunto de amortecedores e na medição, da resposta do pavimento através das deflexões resultantes, na referida superfície. Esta força é transmitida através de uma placa circular com 30 ou 45 cm de diâmetro [Antunes, 1993] [Fontul, 2004].

A massa, a altura de queda e o número de amortecedores podem ser ajustados no ensaio. As deflexões são medidas por sensores ou transdutores no local onde é aplicada a carga e em pontos distribuídos por uma viga. O número de pontos e o seu afastamento pode ser variável de acordo com os objetivos do ensaio e de acordo com as características da estrutura a ensaiar.

Existem dois tipos de transdutores utilizados nos defletómetros de impacto: o geofone que mede as velocidades da superfície do pavimento e converte-as em deflexões, por integração do sinal; e o sismómetro, transdutor de deslocamentos sísmicos, que mede diretamente as deflexões na superfície do pavimento [Fontul, 2004].

A força de impulso apresenta uma variação ao longo do tempo, que simula o movimento de um veículo a uma velocidade entre 60 e 80 km/h. O valor da força de pico é variável, dependendo do peso, da altura de queda e do sistema de amortecimento. O pico da força pode atingir valores entre 20 e 150 kN. No entanto, existem defletómetros pesados (HWD) capazes de originar forças de impulso até 250 kN e outros, designados por SHWD (super pesados) que podem produzir forças até 300 kN, concebidas para ensaios em pavimentos aeroportuários [Fontul, 2004] [Antunes, 1993].

Existem algumas aplicações deste equipamento na avaliação de vias ferroviárias, a maioria para controlo de qualidade durante a construção da subestrutura [Govind, 2010] [Fontul et al 2012b].

Mais recentemente o FWD foi utilizado, ao nível experimental, para ensaios sobre vias férreas [Burrow et al, 2007] [Govind, 2010], [Fortunato e Fontul, 2012].

No Reino Unido o FWD é dimensionado para aplicar carga de 125 kN sobre uma travessa com as fixações dos carris desapertadas, através de uma viga de carregamento com 1,1 m de comprimento, perfilado para distribuir a carga por ambas as extremidades da travessa [Burrow et al, 2007]. Este sistema de carregamento é considerado produzir um impulso de carga que é similar ao que é aplicado por um eixo simples de um comboio circulando a velocidade alta. A amplitude da carga aplicada é medida no centro da viga de carregamento e os transdutores de velocidade são posicionados sobre a travessa carregada e sobre o balastro, a diversas distâncias do centro da viga [Govind, 2010].

Em Portugal foram realizados ensaios experimentais numa linha existente, com a aplicação da carga entre as travessas (Figura 3.17), sendo medida só a deflexão central [Fortunato e Fontul, 2012].



Figura 3.16: **a)** Aspecto do defletómetro de impacto (*FWD*) aplicado na avaliação da rigidez da via na travessa [Burrow et al, 2007] **b)** Avaliação da rigidez entre travessas [Fortunato e Fontul, 2012]

3.4.2 Defletómetro de Impacto Ligeiro (DIP - Defletómetro de Impacto Portátil)

Dadas as suas características, o defletómetro de impacto pesado é um equipamento que, em algumas situações, se torna de difícil transporte e utilização.

Nas obras de renovação de plataformas ferroviárias, estes aspetos são de grande importância, uma vez que o espaço disponível nas zonas de trabalho é reduzido e existem muitas dificuldades em aceder à plataforma, inviabilizando a utilização deste equipamento. Neste contexto, surgiu a necessidade de desenvolver um defletómetro mais versátil e prático, tal como o defletómetro de impacto.

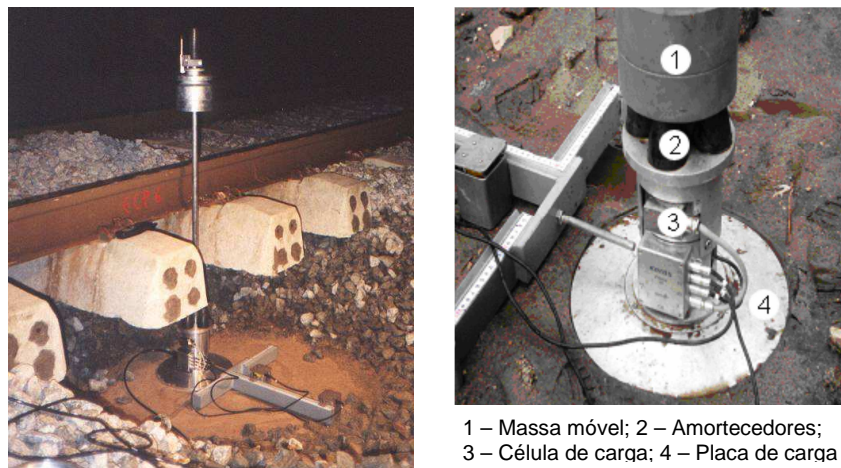


Figura 3.17: Aspecto do defletómetro de impacto portátil (*DIP*) do LNEC e do respetivo equipamento de aquisição de dados [adaptado de Fortunato, 2005]

Embora estes equipamentos só permitam a aplicação de cargas relativamente pequenas (14 kN), são de utilização muito mais fácil. O DIP é normalmente utilizado para a determinação do módulo de deformabilidade das camadas granulares e solos de fundação compactados, sendo útil para o controlo de qualidade na fase de construção.

Este equipamento é constituído por uma placa circular com um furo central (Figura 3.17). O diâmetro pode ser de 100, 200 ou 300 mm. Sobre a placa de carga está instalado um cilindro oco, que permite a transferência do impulso à placa, que resulta da queda de uma massa de determinada altura. No sistema de carga está fixo um varão-guia que serve para conduzir uma massa móvel, que é elevada manualmente até uma determinada altura definida (no máximo de 0,80m). Na parte superior do varão-guia existe um dispositivo que assegura a fixação da massa antes do início de cada ensaio e que permite manter constante a altura de queda e o impulso gerado [Fortunato, 2005].

3.4.3 Radar de Prospeção (GPR - Ground Penetrating Radar)

O *Ground Penetrating Radar (GPR)* representa uma importante ferramenta não invasiva, para monitorização da via ferroviária. Apresenta a capacidade de medir a espessura das camadas existentes, assim como, a de identificar anomalias nas camadas, tais como a contaminação de balastro. Os ensaios podem ser realizados a alta velocidade, dispensando a interrupção temporária da via ao tráfego, que se traduz numa redução considerável dos custos totais do ensaio.

De entre outros fatores, os resultados das análises de inspeção dependem principalmente do tipo de antenas utilizadas, do número de varrimentos por metro e da calibração interna [Fontul et al., 2012a]. Além de permitir traçar um perfil contínuo do local, este é um método relativamente rápido de implementar, pela sua portabilidade e pela possibilidade de realização a velocidades elevadas. Estas duas características fazem do *GPR* uma técnica vantajosa na investigação de infraestruturas de transporte, não só pela qualidade dos resultados.

O seu princípio de funcionamento baseia-se na geração e transmissão de ondas eletromagnéticas de curta duração, através de uma antena (Figura 3.18). Esta antena pode variar de acordo com o nível de frequência desejado, isto é, a frequência encontra-se diretamente relacionada com a profundidade de penetração das ondas nas camadas e com os níveis de resolução dos resultados.

Neste sentido, quanto maior a frequência menor a profundidade de penetração, mas resulta numa maior resolução. Por exemplo, uma antena de 500 MHz de frequência permite uma profundidade de penetração de 2,5 m, enquanto, uma antena de 900 MHz de frequência permite uma penetração de 1,0 m de profundidade [Fontul et al., 2012a].

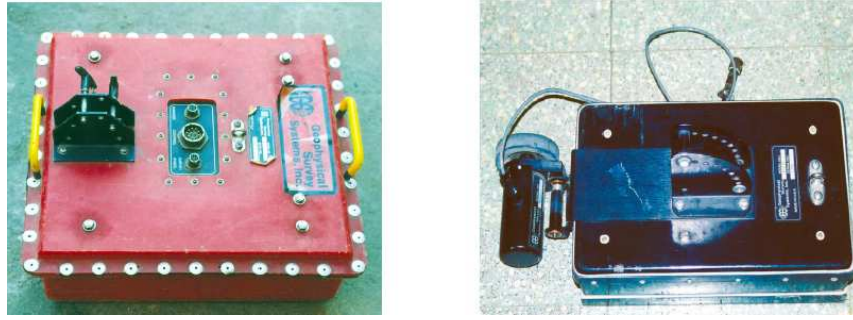
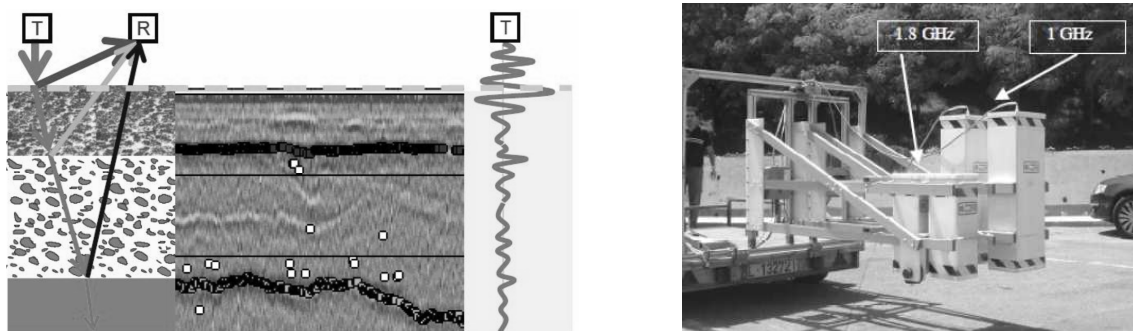


Figura 3.18: Antenas de 500 MHz -e de 900 MHz, respetivamente [Fontul et al., 2012a]

As ondas ao propagarem-se pelo meio dão origem a fenómenos de reflexão, refração e difração, tal como representados na Figura 3.19. A percentagem da onda refletida é captada pelo equipamento, o qual permite o armazenamento e a visualização dos dados sobre a forma de um perfil; a restante atravessa a interface, continuando a propagar-se pelo meio até encontrar uma nova camada, repetindo-se o processo [Pedrosa, 2009].



T - antena emissora; R - antena recetora;

Figura 3.19: Princípio de funcionamento e aspeto geral do GPR [Pedrosa, 2009; Fontul et al., 2012a]

A principal limitação do método prende-se com a dificuldade na interpretação dos perfis. Embora a localização de singularidades no perfil não seja um problema, estas poderão ser causadas por diversos fatores, pelo que a experiência e bom senso do operador são determinantes para a credibilidade dos resultados [Pedrosa, 2009].

A lenta aceitação do GPR em infraestruturas ferroviárias deve-se a dois fatores [Pedrosa, 2009]:

- **Condicionantes geométricas da via** – a presença de diversos elementos, como os carris metálicos, as travessas em betão e as catenárias, criam interferências, problemáticas, no perfil; por outro lado, a superfície irregular da via e a dimensão das partículas, pode originar fenómenos de difração e consequentes perdas de resolução; finalmente, durante o ensaio,

poderão surgir obstáculos que danifiquem as antenas, pelo que o operador deve garantir que estas não colidam nem com as travessas nem com os dispositivos de mudança de via;

- **Importância recente que a subestrutura da via adquiriu no âmbito da construção e reabilitação de ferrovias** – até há bem poucos anos, o sub-balastro raramente era considerado no dimensionamento e na implementação de propostas de reabilitação, apesar da relação entre a deterioração da via e as condições da subestrutura

Apesar de ser uma técnica que vem sendo aplicada em infraestruturas de transporte há quase 40 anos, ainda é notória a fraca aceitação do *GPR* em alguns países da Europa, incluindo Portugal. A Figura 3.20 indica para determinados países, o frequente recurso ao método e, para outros, o uso crescente do mesmo [Pedrosa, 2009].

Nos países referenciados a negro, o uso deste equipamento é rotineiro; a cinzento, estão os países onde a aplicação do método tem aumentado; marcados a branco, encontram-se os países onde o uso do *GPR* é disperso e/ou associado a investigação.



Figura 3.20: Estado da aplicação do georadar a infra-estruturas de transporte na Europa [Pedrosa, 2009]

Em Portugal foi adquirido recentemente pela REFER um sistema de medição com GPR, instalado na EM 120, que consiste em três antenas com frequências de 400 MHz. Foram recentemente realizados ensaios pelo LNEC, com essas antenas, normalmente usadas para avaliação de pavimentos, numa via-férrea antiga [Figura 3.21].

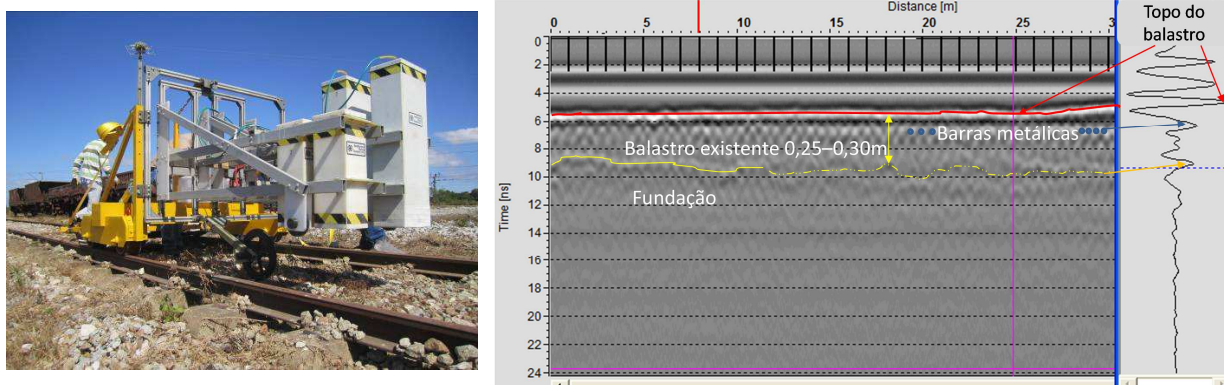


Figura 3.21: Aspecto do radar de prospecção (*GPR*) aplicado na avaliação da via-férrea equipamento, a esquerda, e resultados da medição, a direita [Fortunato e Fontul, 2012]

3.5 Considerações Finais

Neste capítulo ressalva-se a extrema importância das campanhas de inspeção às vias ferroviárias, e considera-se que a inspeção é a base de detecção dos defeitos que vão aparecendo ao longo da vida útil de uma via.

A caracterização da qualidade geométrica da via é realizada atualmente, pela análise de vários parâmetros geométricos, como o nivelamento longitudinal e o transversal, o alinhamento, o empeno e a bitola, medidos em campanhas de inspeção periódica. De modo a avaliar a qualidade da via ferroviária, os valores de medição destes parâmetros devem ser comparados com os limites de alerta, de intervenção e de ação imediata, indicados em várias normas em vigor.

Face às exigências de hoje, é necessário que as campanhas de inspeção sejam rápidas, rigorosas e pouco onerosas. Neste sentido confere-se destaque ao longo deste capítulo, aos Veículos de Inspeção de Via (VIV) e aos Equipamentos Não Destrutivos de Avaliação da Condição da Via, métodos de inspeção não intrusivos, que podem ser realizados com a estrutura em serviço.

Pertencentes ao primeiro grupo distinguem-se os VIV-manuais (o *Trolley*, o *Laserail* e o *MiniPorfRail*) dos VIV-automáticos (EM120 da REFER e o IRIS320 para vias de alta velocidade). O segundo grupo abrange os métodos de auscultação não destrutivos como o Defletómetro de Impacto - FWD (ensaio que aplica uma carga dinâmica), o Defletómetro de Impacto Portátil – DIP (ensaio que aplica carga dinâmica, relativamente pequena, eficaz na determinação do módulo de deformabilidade das camadas granulares e solos de fundação) e o Radar de Prospecção – *GPR* (gera, transmite e recebe ondas eletromagnéticas de curta duração, através de antenas, permitindo medir a espessura das camadas assim como, detetar anomalias nas mesmas).

Capítulo 4

Sistemas de Reabilitação da Via Férrea

4.1 Considerações Gerais

O forte investimento que tem vindo a ser realizado na modernização da infraestrutura ferroviária, para além das melhorias globais disponibilizadas aos utilizadores da ferrovia, incrementou substancialmente a quantidade de equipamentos utilizados para a conservação e manutenção da via, e tornou estas ações mais complexas e mais eficientes, por forma a reduzir as interdições de tráfego associadas às medidas de manutenção.

As infraestruturas ferroviárias são bens que representam um elevado investimento. São desenhadas para trabalhar em condições de segurança muito exigentes e devem apresentar uma baixa ocorrência de falhas. Estas falhas dependem das características da infraestrutura, tráfego de comboios e dos planos de manutenção utilizados. Os planos de manutenção devem ser traçados e a ocorrência de falhas deve ser prevista para que as vias sejam mantidas a um nível aceitável de funcionamento e conforto. Ações de manutenção ligadas a estas falhas representam custos que são de difícil previsão na altura da construção da infraestrutura. São necessários métodos para a previsão de ocorrência de falhas.

Por outro lado, as exigências do mercado de transportes, associadas aos condicionalismos próprios da atividade de conservação (predominância de trabalho noturno e por curtos intervalos de tempo) impõem o recurso a técnicas que viabilizem a maximização da disponibilidade da infraestrutura para a circulação, não prejudicando a pontualidade e o conforto.

As técnicas de *Reliability, Availability, Maintainability and Safety* (RAMS) têm um elevado potencial de aplicação no campo da gestão de infraestruturas ferroviárias, mas correntemente há uma falta de normalização e de procedimentos descritos para o correto estudo dos parâmetros RAMS. As técnicas RAMS permitem que os engenheiros de reabilitação prevejam falhas a partir da observação de dados operacionais [Simões, 2008].

A manutenção traduz-se pelo conjunto das ações necessárias para que um equipamento seja conservado ou restaurado, de modo a poder permanecer de acordo com as condições especificadas.

O objetivo primordial da manutenção, após a construção da via-férrea, é garantir a qualidade geométrica da via e do estado do material, de forma a permitir um nível de segurança e de conforto elevado, dentro dos limites de tolerância admissíveis.

A degradação dos componentes da via é uma consequência direta das ações dinâmicas verticais e horizontais causados pelo material circulante. A degradação dos componentes da superestrutura ferroviária varia em função da qualidade do material utilizado na via, das características da infraestrutura da via, do meio ambiente, do tipo de manutenção executada e das características da operação submetida na via.

O maior objetivo do plano de conservação da via é o de manter o traçado da via, tanto em planta como em perfil, sem defeitos que prejudiquem o tráfego, mantendo-se uma plataforma estável e bem drenada, um balastro limpo, um alinhamento e nivelamento perfeitos [Leal, 2008].

4.2 Metodologias de Manutenção

De um modo geral, a manutenção pode ser necessária para melhorar o conforto dos passageiros ou para melhorar os níveis de segurança (risco de descarrilamento, etc.). Neste sentido a classificação das atividades de manutenção da via permanente divide-se em [Leal, 2009]:

- **Conservação:** conjunto de atividades necessárias para manter a qualidade da via dentro dos limites de tolerância, dado que o padrão de “qualidade inicial” nunca mais será alcançado, diminuindo progressivamente depois de cada intervenção de conservação, provocando a degradação do ciclo próprio de intervenção;
- **Remodelação:** caracteriza-se pela troca de uma quantidade elevada de componentes, sem que o padrão de “qualidade inicial” da via seja readquirido, sem que seja no entanto ultrapassado, e amplia os ciclos futuros de manutenção;
- **Renovação:** é o tipo de manutenção que altera as características técnicas dos elementos de via, conferindo-lhe um padrão de qualidade superior ao implantado aquando da sua construção.

Atualmente, de modo a responder às exigências, a área de manutenção está estruturada em quatro grandes tipos de ações: a corretiva; a preventiva; a preditiva e a detetiva [Leal, 2009].

Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é o método mais primário de conservação, dado que ocorre depois de detetado o defeito ou a falha. Nesta modalidade a intervenção é realizada sem planeamento, visando

a correção de uma anomalia que compromete o desempenho do sistema, atuando principalmente na geometria da via, paralelamente são corrigidos alguns defeitos do material.

O objetivo é deixar a via em bom estado, de forma a retardar os processos de deterioração e assegurar a segurança do comboio e a proteção do material.

Este tipo de manutenção não se pode eliminar por completo, dado que existem algumas anomalias que ocorrem independentemente de se fazer um acompanhamento ou não dos equipamentos. É o caso das anomalias de emergência que interrompem o tráfego ou colocam restrições de circulação nos trechos em questão, como é o caso de fraturas no carril, encurvadura do carril, deslizamento de barreiras, entre outros. Quando uma destas falhas ocorre é porque alguma outra forma de manutenção foi insuficiente, e não há mais nada a fazer do que reparar a falha.

Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva ocorre de uma forma cíclica programada, com uma grande concentração de recursos e meios mecânicos de grande porte.

É realizada em intervalos fixos de tempo, independentemente do material em análise ter ou não um valor crítico de desgaste. Como consequência, os planos de manutenção preventiva podem trazer resultados inferiores aos esperados e tornar onerosa a manutenção. A realização em excesso de ações de correção da geometria da via ferroviária provoca a degradação prematura do balastro. Por este motivo, é importante determinar o adequado momento de intervir antes do sistema entrar em falha.

Os serviços preventivos são classificados por vários autores de três formas:

i) Renovação e Substituição: consiste na troca total ou parcial dos componentes da superestrutura quando a quantidade e a qualidade destes já não garante as suas funções ou exige despesas de manutenção corretivas muito elevadas. Esta operação acontece quando a intervenção corretiva é tecnicamente impossível ou não rentável. Como exemplos de serviços ligados a este tipo de intervenções é possível citar:

- Substituição de travessas;
- Limpeza e recomposição do balastro;
- Substituição dos carris gastos ou defeituosos;
- Inversão dos carris.

ii) Revisão: acontece de forma rotineira, com o objetivo de não só remover os defeitos já existentes, mas também os que estão em formação. Os serviços relacionados com a revisão periódica são, principalmente:

- Alinhamento de curvas;
- Nivelamento da via;
- Alinhamento das tangentes.

iii) Pequena Conservação: consiste em intervenções de pequena amplitude com o objetivo de impedir que as condições da via afetem a segurança. São executados por equipas compostas por equipamentos mecânicos ligeiros. Estes trabalhos são necessários para reparar pequenos problemas que não podem aguardar até à operação seguinte, tais como:

- Reforço das fixações;
- Correção da bitola;
- Eliminação de fissuras nos carris, através de ações de esmerilamento ou de reperfilamento.

Tradicionalmente a manutenção da via permanente é executada de forma preventiva, de modo sistemático e dentro de critérios de períodos pré-estabelecidos, partindo do pressuposto que a superestrutura não se degrada numa taxa uniforme e conhecida, dado que cada trecho da via conta com particularidades próprias de ambiente, solo e volume de transporte.

A primeira regra de ouro das ações de manutenção menciona que mais de 80% destas ações devem ser preventivas, subentendendo-se que se recorre a manutenções corretivas em menos de 20% dos casos [Teixeira, IST].

Manutenção Preditiva

A abordagem preditiva da manutenção estabelece que todos os componentes de um sistema possuem uma vida útil detetável, de modo que as alterações das suas propriedades dão indicação da proximidade do momento da falha. Ou seja, do conhecimento do estado da degradação do equipamento ao longo do tempo pode aferir-se o desempenho futuro e planejar-se as ações de manutenção.

Existem alguns equipamentos, usadas nas vias-férreas, que auxiliam na monitorização de alguns parâmetros pertinentes à manutenção preditiva. Exemplos desses equipamentos são abordados pormenorizadamente no capítulo anterior, especificamente no subcapítulo 3.3.

É necessário referir que a manutenção preditiva se encontra aliada a uma intervenção preventiva, já que a monitorização e “previsão” do momento da falha exigem uma programação da atividade de prevenção da ocorrência da falha, antes de esta acontecer. Este processo minimiza trabalhos desnecessários e reduz despesas.

Na Figura 4.1 é possível observar o processo de degradação e de resposta da via às solicitações que lhe são impostas ao longo da sua vida útil.

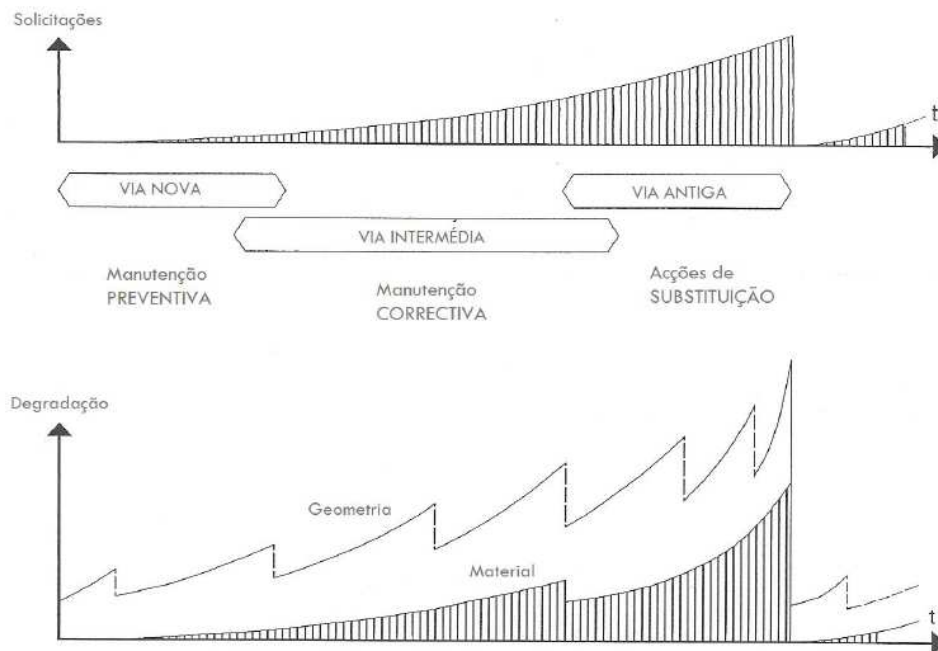


Figura 4.1: Processo de deterioração e restauro da via [adaptado de Rivier, 2005]

Manutenção Detetiva

A manutenção detetiva é considerada apenas por alguns autores pois esta tem como intenção a procura de falhas não perceptíveis nas ações de operação e manutenção da via. Este tipo de deteção é realizado através de aparelhos de ultrassom, de forma a encontrar fissuras em carris, soldaduras e em aparelhos de mudança de via.

4.3 Irregularidades da Via

Os defeitos ou falhas que podem surgir na via-férrea, quer ao nível da geometria quer nos elementos que a constituem, devem ser distinguidos em dois tipos, de acordo com as consequências manifestadas pela própria via ou pela natureza da intervenção necessária. Assim se faz a distinção entre os defeitos de primeiro grau e os de segundo grau [Aribau, 2004].

São defeitos de primeiro grau quando não se manifesta alteração na estabilidade da via, e de segundo grau, quando a estabilidade diminui temporariamente.

De entre as reparações dos *defeitos de primeiro grau* destacam-se:

- Correção da banquetta de balastro;
- Compactação da camada de balastro;
- Estabilização dinâmica da via;
- Aperto e substituição dos sistemas de fixação;
- Limpeza dos sistemas de drenagem e afins.

Sendo as reparações dos *defeitos de segundo grau* mais complexas, enunciam-se:

- Esmerilagem;
- Ripagem da via;
- Rebalastragem;
- Correção da bitola;
- Substituição das travessas;
- Ajuste e reparação de desvios e de Aparelhos de Mudança de Via (AMV);
- Correção do fenómeno de “travessas dançantes”;
- Correção do nivelamento e alinhamento.

Deve referir-se que os defeitos do carril são causados por imperfeições iniciais. Estes podem dever-se a erros de fabrico que causam imperfeições microscópicas, ou podem ser causados por fenómenos de fadiga, i.e., defeitos originados em serviço. As imperfeições iniciais sofrem agravamento ao longo do tempo, devido à passagem sucessiva de comboios, provocando fenómenos de fadiga no contato, que ocorrem sob o efeito de ciclos de carga imposta pela passagem do material circulante [Simões, 2008].

O desgaste do carril numa primeira fase causa desconforto, ruído e oscilações que progressivamente podem pôr em causa a segurança, podendo mesmo provocar descarrilamentos. O mesmo se passa nos aparelhos de via onde, na maior parte das vezes, são a falta de diagnóstico e de controlo geométrico que dão origem a descarrilamentos. Por outro lado, e de um ponto de vista económico, não é só a via-férrea que sai lesada, os defeitos na via refletem-se nos custos da manutenção do material circulante.

O problema dos defeitos de via é tratado separadamente. Os defeitos de via resultam exclusivamente do tráfego ferroviário. Estes são de natureza geométrica e macroscópicos, normalmente são defeitos reversíveis caso os procedimentos de manutenção sejam corretamente aplicados.

A velocidade de propagação e de agravamento dos defeitos da via e do carril é influenciada pelos seguintes fatores:

- Raio das curvas. Nas curvas de baixo raio, onde o material circulante passa em alta velocidade, surge defeitos como: desgaste lateral, desgaste ondulatório e outros fenómenos de fadiga por contacto;

- Nível de tráfego na via em estudo;
- Existência de zonas de transição de declive que impliquem sucessivas travessias e acelerações;
- Diferentes tipos de tráfego provocam o desgaste lateral mais elevado no carril. Excesso de escala pode causar esmagamento no carril inferior;
- Elevadas cargas axiais também podem causar esmagamento do carril inferior.
- Alguns tipos de material circulante e raios da roda podem exercer forças superiores sobre os carris, especialmente em curvas. Além disso, as tensões que se geram no contacto roda-carril podem ser maiores quando rodas de raios menores são usadas;
- Lubrificação e ações de manutenção programadas corretamente podem ajudar no combate ao desgaste e dos fenómenos de fadiga.

De entre as consequências da degradação de uma via-férrea destaca-se, pela sua importância, a perda da regularidade geométrica dos carris, quando da passagem dos comboios. A manutenção dessa regularidade depende: do comportamento da superestrutura ferroviária e da respetiva fundação; do modo como for programada e executada a conservação da superestrutura, da infraestrutura e do próprio material circulante.

A descrição que se segue enuncia os defeitos do carril mais comuns nas vias férreas:

- **Tache ovale:** Trata-se de uma descontinuidade, mancha oval, interna comum no processo de fabricação da cabeça do carril, entre 10 a 15 mm abaixo da superfície. Com o repetido carregamento a mancha atinge a superfície do carril e faz com que a sua falha seja imediata. É causado pela acumulação de hidrogénio durante a fabricação ou deficiente soldadura dos carris. O defeito é rastreável com equipamento de ultrassom ou inspeção visual (Figura 4.2).

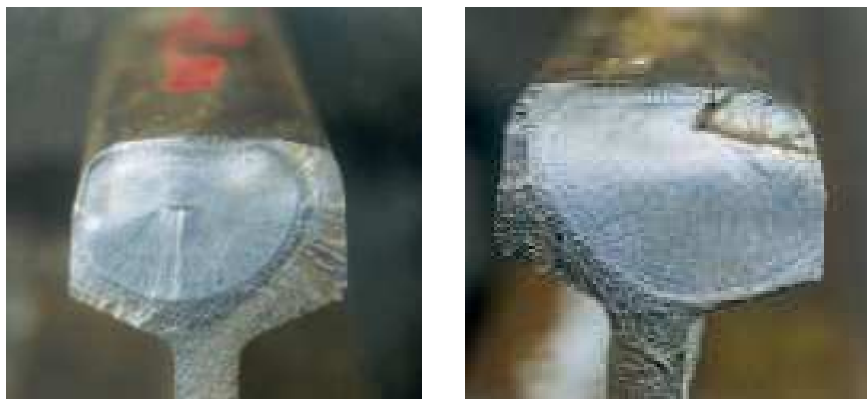


Figura 4.2:Tache ovale [Teixeira, IST]

- **Fendilhação Horizontal:** Fendas horizontais lateralmente na cabeça do carril, as quais podem causar descamação da superfície de rolamento. São rastreáveis visualmente ou com a ajuda de equipamento de ultrassons. No caso de o defeito ser numa secção de soldadura topo a topo a fratura assume uma forma curva na solda, o que pode espalhar-se para cima ou para baixo, conduzindo à fratura do carril.



Figura 4.3: Fendilhação Horizontal [Teixeira, IST]

- **Desgaste ondulatório:** Defeito na superfície da cabeça do carril com comprimento de onda entre 3 e 8 cm. Estas “ondulações” causam oscilação de alta frequência na via podendo levar à fadiga das travessas, desgaste dos sistemas de fixação, maior taxa de desgaste nas camadas isoladoras, falha prematura da camada de balastro e um aumento substancial do nível de ruído.

Em resumo, o desgaste ondulatório amplia a manutenção requerida na via e nos veículos, aumenta a resistência à tração, submete os trilhos a vibrações, reduzindo o conforto nas viagens, além de provocar uma maior poluição sonora. O defeito pode ser detetado por equipamentos de inspeção automáticos ou inspeção visual (Figura 4.4).



Figura 4.4: Desgaste ondulatório [Fontul, 2010]

Algumas hipóteses para explicar a sua origem limitam-se aos parâmetros do traçado, à frequência de carga, além de deficiências nos processos de fabricação do carril, valor do módulo de deformação do

subsolo, a sua capacidade portante e drenagem, ou ainda à existência de rugosidades superficiais e irregularidades no carril, vibrações no sistema via-veículo, variações na rigidez dinâmica da superestrutura, entre outros.

Alguns autores assumem como causa deste desgaste as vibrações produzidas nas vias férreas, durante a passagem dos veículos, fazendo variar o grau de aderência e pressão nos pontos de contato, o que acarreta uma variação na velocidade angular da roda e uma série de deslizamentos elementares, que produzem no carril o desgaste ondulatório. De todos os fatores intervenientes, o contato entre a roda e o carril, aparenta ser a chave para entender este problema.

- **Fissuração Longitudinal Vertical:** Fenómeno caracterizado pelo aparecimento de fissuração longitudinal vertical na cabeça do carril ou na alma deste, que após a sua expansão pode dividir a cabeça ou a alma do carril em dois. Pode ser detetado por equipamentos de ultrassons. Os carris com este tipo de defeito devem ser substituídos imediatamente. Quando ocorre a divisão da alma em duas partes, este defeito é designado por “*piping*” (Figura 4.5).

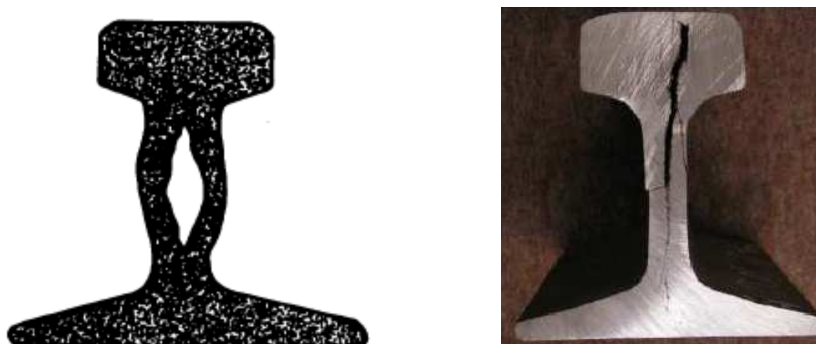


Figura 4.5: Fenómeno de Piping [Simões, 2008]

- **Desgaste Lateral:** Este tipo de desgaste é causado pelo movimento de lacete (movimento lateral dos comboios), devido à forma cônica das rodas. Depois de uma certa quantidade de desgaste, os carris devem ser substituídos para que a bitola não seja afetada. Os desgastes laterais ocorrem principalmente nas curvas, acentuando-se nas de pequeno raio e também em retas onde há irregularidades na via. Tais desgastes devem-se à pressão horizontal dos frisos das rodas contra a face lateral do carril (Figura 4.6).

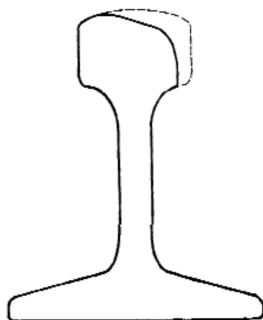


Figura 4.6: Secção esquemática do carril com desgaste lateral [Simões, 2008]

- **Descasque da superfície de rolamento:** Deformações em padrões irregulares na superfície do carril que se estendem através de alguns milímetros de profundidade no metal. Este defeito ocorre normalmente sobre vias de grandes vãos. É detetável por inspeção visual, ou com o auxílio de um equipamento de ultrassom (Figura 4.7).



Figura 4.7: Descamação do carril [Slideshare, 2012]

- **Fragmentação da cabeça do carril:** Este defeito é caracterizado pela perda de pequenas lascas de aço, causadas pelo agravamento das fendas formadas na superfície do carril. Este defeito surge quando o estado da fendilhação é muito avançado sendo mais frequente em climas frios (Figura 4.8).



Figura 4.8: Fragmentação da superfície do carril [SlideShare, 2012]

4.4 Atividades de Reabilitação

Uma vez tomada a decisão de uma possível renovação de uma via-férrea, é imprescindível o conhecimento prévio dos diferentes métodos disponíveis para realizar a renovação, i.e., é necessário planejar.

O trabalho de renovação de uma via abrange todas as operações para melhorar a superestrutura e as que se destinam, por um lado, às necessidades da infraestrutura da via renovada, e, por outro lado, a resolver os problemas que se geraram na via existente. Assim, dependendo das condições da via, decide-se efetuar as reparações de primeiro e/ou de segundo grau abordadas no subcapítulo 4.3. A escolha dos métodos de renovação da via depende de vários fatores. No entanto, carece de maior importância a decisão do tipo de interrupção do tráfego da via-férrea. Esta interrupção pode ser [Simões, 2008]:

- *Interrupção Diária*: a via encontra-se indisponível à circulação num número limitado de horas, por dia;
- *Interrupção Permanente*: a via encontra-se totalmente indisponível à circulação durante os dias necessários aos trabalhos de renovação.

A interrupção permanente permite um melhor rendimento dos trabalhos, pois sem interrupções as tarefas realizam-se sem a pressão do tempo, mas normalmente esta só ocorre em linhas de baixo tráfego e/ou via dupla.

No que diz respeito aos equipamentos de renovação da via, alguns apresentam um desempenho limitado quando realizam trabalhos em rampa. Portanto, de modo a economizar energia aquando dos trabalhos, é relevante trabalhar em troços em descida.

Esmerilagem

A esmerilagem da via consiste na remoção de décimas de milímetro de material dos carris reduzindo ou eliminando as ondas de desgaste (desgaste ondulatório) por ação mecânica de pedras de esmeril. Para além da regularização superficial do carril, a *esmerilagem* ajuda também a eliminar pequenas situações de fadiga pontual provocadas pelo esmagamento à passagem das rodas dos veículos.

Reperfilamento

Quando a esmerilagem é insuficiente para corrigir defeitos do carril altamente desenvolvidos, recorre-se ao reperfilamento. O seu princípio de funcionamento passa pela utilização de uma máquina pesada equipada com um cortador de aplainamento montado sobre um sistema de jatos de alta pressão resfriados, o que permite uma reperfilagem completa do carril. Nas operações de reperfilagem são necessárias várias passagens [Simões, 2008].

Decapagem

Operação que consiste em retirar de uma estrutura metálica, os vestígios de ferrugem, bem como toda (s) a (s) camada (s) da proteção anticorrosiva anteriormente aplicada (s).

Esta operação, outrora por raspagem, depois por projeção de granalha (pequenos fragmentos de metal fundido) ou de jacto de areia, atualmente desenvolve-se por jacto de água sob pressão, que é ambientalmente menos agressiva.

Lubrificação

O objetivo principal na lubrificação de carris é a redução do desgaste lateral do carril, devido às curvas de baixo raio. A correta lubrificação do carril permite reduzir os gastos energéticos e os níveis de ruído.

A lubrificação pode, contudo, causar defeitos que se desenvolvem devido à presença de líquidos (retenção de líquidos), de modo que deve ser uma operação realizada com cautela. Outro problema que pode surgir é a migração de material lubrificante para a superfície da cabeça do carril, levando a roda deslizar, o que pode estimular o desenvolvimento de defeitos na cabeça do carril. Os materiais de lubrificação disponíveis são vários, tais como gorduras à base de óleo, lubrificantes sólidos, ou combinações de outros tipos (Figura 4.9). Estes são frequentemente aplicados sobre a via por sistemas com distribuição automática.



Figura 4.9: Lubrificação do carril [Fontul, 2010]

Rebalastragem

Quando as deficiências atingem maior importância realiza-se o chamado "ataque mecânico pesado", com o qual se pretende densificar a camada de balastro existente e eventualmente adicionar balastro novo, com o objetivo de repor a capacidade de carga e a geometria da via. Quando o balastro se degrada ou fica contaminado com solo, e essa contaminação atinge um valor superior ao razoável, de

tal modo que fica comprometido o seu bom desempenho, é realizada a sua substituição parcial ou até mesmo total, este processo é reconhecido como rebalastragem.

Este mecanismo consegue abranger cerca de 30 ou 40% do balastro, livrando-o do lodo e detritos existentes e permitindo assim uma drenagem da via mais eficaz.

Ataque da via

Operação que consiste na consolidação do balastro, através da sua compressão intensa. Para isso, são usados dispositivos que, estando sujeitos a movimentos combinados de vibração e aperto, eliminam os vazios existentes no balastro, aumentando a superfície de atrito e pondo-o em estreito contacto com as faces inferiores das travessas.

De forma simplista o ataque da via passa por colocar balastro abaixo das travessas, após elevação das mesmas, para que fiquem solidamente apoiadas. Esta operação destina-se a colocar a via no nível correto, “encastrando” a via impedindo a deslocação das travessas, por envolvimento de balastro bem atacado.

Ripagem de via

A resistência das travessas ao seu deslocamento lateral no seio do balastro deve ser tão grande quanto possível, para impedir que esforços térmicos nos carris ou esforços transmitidos pelos veículos possam provocar um deslocamento transversal da via. Esta resistência é aumentada, por exemplo, através da compactação do balastro, do alargamento da sua banquetta e da instalação de chapas de ancoragem de travessas.

A ripagem é um fenómeno caracterizado pelo deslocamento transversal da via, Figura 4.10, que pode ser provocado por determinados fenómenos, como por exemplo por um aumento exagerado da temperatura ambiente, que pode levar a garrote. Ripar a via passa por deslocar lateralmente a via, geralmente para correção em curva.



Figura 4.10: Deslocamento Transversal da via [RT@, 2012]

Substituição da via

Tal como referido a rede ferroviária, principalmente Nacional, apresenta troços de elevados níveis de desgaste e degradação, por deficiente conservação/manutenção ao longo da sua vida útil, assim surgem casos após análise de inspeção, em que a reabilitação por si só não é suficiente perante o estado de serviço das mesmas, tornando a substituição da superestrutura e da subestrutura a melhor opção em termos económicos e no cumprimento de prazos.

Para além de todas as operações de reabilitação de maior dimensão acima referidas, é necessário ainda realçar que nem todos os trabalhos são mecânicos. Tanto nas ações de inspeção como de reabilitação/conservação são necessárias ações manuais (Figura 4.11).



Figura 4.11: Substituição integral da via [RT@, 2012]

Sabotagem da Travessa

Tal como é visível na Figura 4.12, a sabotagem resulta de um corte a realizado na madeira da travessa de modo a proporcionar aos carris a necessária inclinação transversal (tombo da via).

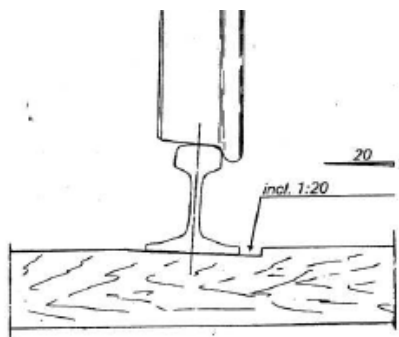


Figura 4.12: Tombo da via [Fontul, 2010]

Recalque das Travessas

Nivelamento das travessas, elevando a via por meio de macacos, para um nivelamento correto controlado com auxílio de visor, mira, régua e nível.

4.4.1 Equipamentos de Reabilitação da Via Balastrada

É necessário destacar a importância dos diversos equipamentos existentes atualmente de manutenção de vias ferroviárias que, tanto se incluem neste grupo maquinaria “pesada” e mecânica, como ferramentas manuais [Leal, 2009].

Máquina Vibradora / Alinhadora / Niveladora

Este equipamento trabalha estacionado e é capaz de movimentar os carris, vertical e lateralmente, com precisão, para uma posição predeterminada; cumpre também, as funções de alinhamento e nivelamento (Figura 4.13).

Depois de deslocados os carris para a posição desejada, são criados vazios sob as travessas, que são parcialmente preenchidas com balastro novo, lançado da superfície. Os *pioches* da vibradora penetram o balastro de ambos os lados das travessas e vibram o balastro, preenchendo os espaços vazios criados sob as travessas, restabelecendo as condições de apoio na nova condição.

Em geral, a vibradora opera em duas travessas de cada vez. No fim de se retirar os dentes do balastro, os carris são pousados sobre a superfície renovada e o equipamento desloca-se para nova ação.



Figura 4.13: Niveladora [Simões, 2008]

“Stonerblower”

O “Stonerblower” não é um equipamento de uso corrente. Foi desenvolvido pela *British Rail (BR)*, e trata-se de uma alinhadora e uma niveladora ao mesmo tempo. As ações de alinhamento e nivelamento realizam-se de forma semelhante às da máquina niveladora, mas para além dos ajustes geométricos requeridos, o sistema determina a quantidade necessária de balastro sob cada travessa. A experiência da *British Rail* e testes realizados por outras operadoras indicam que para pequenas movimentações, este sistema é mais eficaz.

Estabilizador Dinâmico da Via

Este equipamento aplica sobre a via uma combinação de vibrações horizontais com força vertical estática, exercendo um forte efeito na densificação do balastro. É utilizado de forma a complementar o trabalho da máquina vibradora, restaurando a resistência lateral da via.

Depuradora de Balastro

A depuradora (Figura 4.14) promove a limpeza do balastro através da sua substituição parcial ou total. Este equipamento é capaz de remover balastro velho, desgastado ou contaminado, por meio de dispositivos que passam por debaixo da via-férrea. Possibilita ainda a colocação de balastro limpo.



Figura 4.14: Depuradora de Balastro [Simões, 2008]

Reguladora/ Atacadeira

Máquina que ataca o balastro, através de compressão intensa pela ação dos “pioches” (Figura 4.15). Estes dispositivos, estando sujeitos a movimentos combinados de vibração e aperto, eliminam os vazios existentes no balastro, tanto entre os carris como lateralmente, aumentando a superfície de atrito e pondo-o em estreito contacto com as faces inferiores das travessas.

Após as atividades de vibração, desguarnecimento ou compactação, é de extrema importância a passagem de um equipamento regulador. Este equipamento é normalmente utilizado em linhas de alta velocidade destinadas a passageiros.



Figura 4.15: Atacadeira [Simões, 2008]

Esmeriladora

Trata-se de um equipamento que atua desgastando, por atrito, a superfície da cabeça do carril, até uma profundidade de 0,4 mm, visando dois objetivos:

- i) Melhorar o perfil longitudinal do carril, minimizando o desgaste ondulatório;
- ii) Ajustar o perfil transversal e reorientar a faixa de rodagem adequando-as às tensões internas do carril e removendo as fibras superficiais que apresentam sinais de fadiga.

Existem dois tipos de máquinas para a operação de esmerilamento: máquinas equipadas com rotação de pedras; máquinas com pedras que oscilam longitudinalmente.

As esmeriladoras podem ser equipadas com sistema de soldadura. Este sistema permite a fusão do carril de forma contínua e rápida (Figura 4.16).

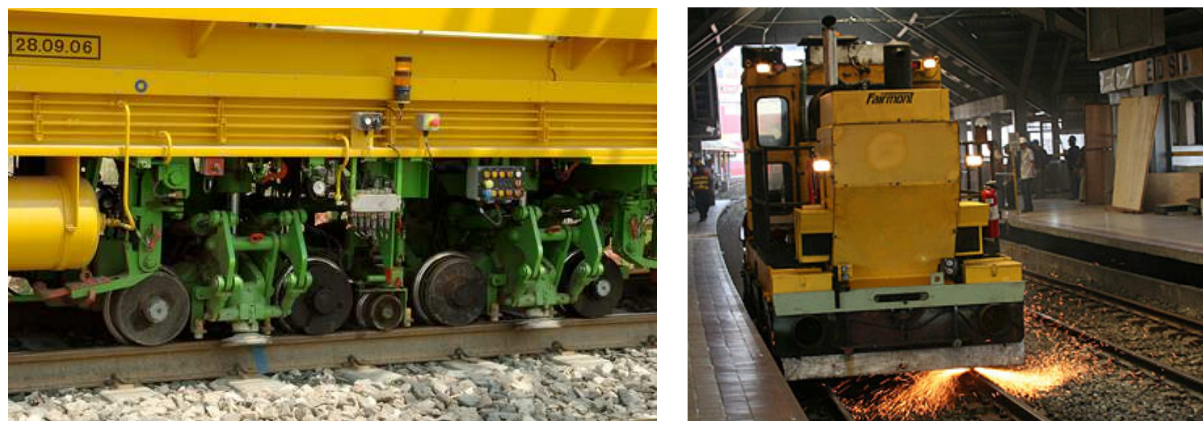


Figura 4.16: Esmeriladora [Simões, 2008]

Reperfiladora

A reperfiladora atua, também, desgastando o carril por atrito, mas removendo mais massa, redesenhando, desta forma a cabeça do carril.

Equipamento Móvel de Soldagem Elétrica

Trata-se de um equipamento instalado em veículos ferroviários, mas que não é de uso vulgarizado. Utiliza a técnica de soldagem por resistência elétrica, soldando segmentos de carris de 12 metros, constituindo as barras longas soldadas (BLS).

Equipamentos Manuais

Este tipo de equipamentos, como a picareta ou a forquilha de balastro, é já considerado obsoleto, contudo podem ser usados nos seguintes casos [Leal, 2009]:

- Nas secções em que o balastro se encontra em elevado estado de desintegração, e onde os equipamentos mecânicos apenas poderão atuar em caso de renovação integral da via;
- Em situações pontuais, isoladas, para onde o transporte da maquinaria adequada não é viável dada a área de ação.

4.5 Considerações Finais

O custo da infraestrutura, o seu comportamento esperado bem como as consequências de um comportamento anormal, justificam plenamente a existência de um programa de inspeções e diagnóstico, como suporte ao processo de decisão relativamente ao momento ideal e extensão dos trabalhos de manutenção ou mesmo renovação [Baldeiras, 2008].

Existe uma complementaridade entre os defeitos e os tipos de manutenção. Neste sentido, para os defeitos relacionadas com a segurança da via a manutenção deve ser preventiva, enquanto os defeitos que interfiram com o conforto, correspondem normalmente à manutenção corretiva.

Isso explica porque são mais correntes as operações de manutenção destinadas a corrigir a geometria da via. Estas consistem basicamente na regulação da camada de balastro e na sua compactação. A camada de balastro também pode ter problemas de contaminação, que são resolvidos por meio de operações de limpeza ou substituição de balastro.

Ações de manutenção ferroviárias centradas no carril consistem sobretudo na esmerilagem e no reperfilamento (correção de defeitos de fadiga que existem na superfície de rolamento).

Alguns defeitos ferroviários exigem, depois de um certo grau de desenvolvimento, a substituição total dos carris afetados.

Neste capítulo é possível identificar e enunciar as principais condicionantes à execução dos trabalhos de renovação/reabilitação da via, as quais se encontram relacionadas com:

- a heterogeneidade da infraestrutura;
- a necessidade de manter a circulação ferroviária;
- os regimes de interdição da via;
- a necessidade de respeitar características geométricas impostas;
- a dificuldade de obter os materiais para serem utilizados no reforço/reconstrução da infraestrutura.

Capítulo 5

Metodologias de Gestão da Via

5.1 Considerações Gerais

Dispor do histórico das alterações realizadas nos elementos da via-férrea é de grande utilidade, pois desta forma é possível planear a renovação parcial da via, reduzindo os custos dos trabalhos, tornando-se mais fácil detetar e solucionar o problema. Para além de que o conhecimento prévio do historial da via pode evitar repetidas intervenções de manutenção num determinado elemento de via, onde as causas das irregularidades podem resultar de fatores que vão além das características geométricas.

Outra utilidade passa por entender se uma vez reparado o problema, a solução adotada foi eficaz e se é possível a sua aplicação no desenvolvimento de problemas da mesma natureza em outro lugar.

Além de conhecer a natureza da falha existente na via, é também importante determinar a frequência com a qual esta é corrigida, pois para além do tempo decorrido desde a última renovação é necessário saber se os materiais utilizados foram adequados para o nível de tráfego, e em que medida estes devem ser melhorados.

A maior parte das vias ferroviárias portuguesas, dada a sua idade, revelam uma urgência de modernização. Os recursos disponíveis, não são suficientes para um programa completo da gestão da conservação da via-férrea. Neste sentido, os recursos devem ser canalizados para alternativas mais viáveis, que permitam melhorar o desempenho operacional, dentro das restrições existentes. A eficácia do sistema ferroviário está intrinsecamente ligada ao estado de manutenção da via permanente [Leal, 2008].

O problema de conseguir uma via permanente tão satisfatória quanto possível é um dos mais complexos problemas que se apresenta hoje em dia nas vias-férreas, quer elas sejam de carga ou de transporte de passageiros. Tudo o que se possa fazer para minimizar este problema representa, na prática, uma economia de milhões de euros.

5.2 Sistemas de Gestão Integrada da Via

As iniciativas no meio ferroviário, de formulação de sistemas de gestão, perduram há alguns anos, mas estas tentativas em nada são comparáveis aos sistemas disponíveis na área rodoviária. Este sistema de gestão visa, tal como nos sistemas rodoviários manter as vias em condições de operacionalidade e segurança com os menores custos possíveis ao longo da sua vida útil. Segundo Baldeiras (2008), de forma a atender a este objetivo é necessário:

- Inspeccionar;
- Diagnosticar o estado da via, tendo em conta o historial da via;
- Definir objetivamente a natureza e a urgência dos trabalhos e quais as renovações mais urgentes;
- Disponibilizar verbas;
- Preparar programas de trabalho eficazes e compatíveis com os meios disponíveis e os constrangimentos operacionais;
- Preparar, supervisionar e controlar a execução dos trabalhos.

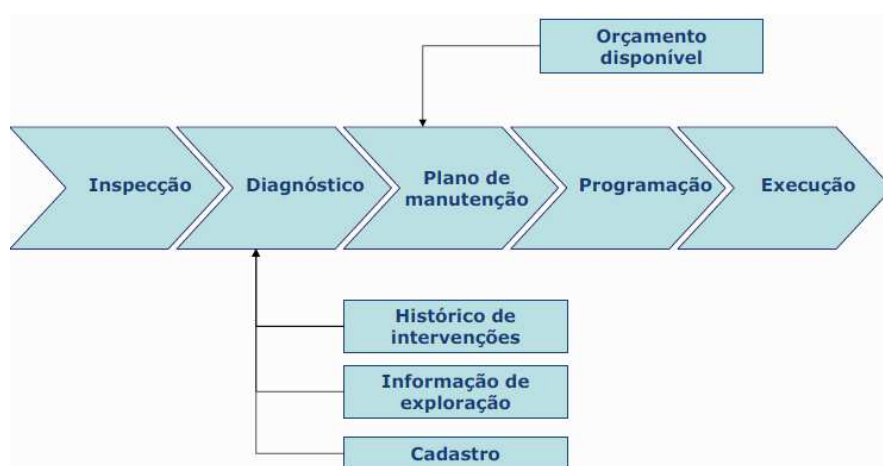


Figura 5.1: Processo de gestão [Baldeiras, 2008]

A análise de todos estes processos tem como fundamento [Leal, 2008]:

- i. A elaboração objetiva de decisões que pressupõem a análise de uma quantidade de informação técnica e económica que exige tempo e recursos, de forma a dar conhecimento das consequências reais das decisões tomadas. A complexidade dos problemas apresentados confronta os responsáveis da manutenção viária com a necessidade de procura de soluções economicamente mais viáveis.
- ii. Todas as operações técnicas e administrativas da gestão e manutenção das vias-férreas estão interligadas dentro do mesmo sistema de gestão. Este sistema encontra-se ligado a

recursos informáticos que ajudam a organizar a informação adquirida, ajudando no auxílio das tomadas de decisão com os meios possíveis.

O grande objetivo será o aumento do desempenho do sistema existente de gestão através do aumento do nível de qualidade dos resultados das diferentes fases do processo, sendo desta forma necessário [Leal, 2008]:

- Aperfeiçoar os processos de obtenção e tratamento da informação necessária ao processo de gestão;
- Aquisição de uma central de dados para tratamento informático;
- Elaboração de um programa de tratamento da informação;
- Exploração deste programa pelos responsáveis pelas decisões ferroviárias, de forma a facilitar a avaliação das consequências;
- Planificação do desenvolvimento dos trabalhos de forma a obter um processo sistemático de elaboração, evolução e escolha de soluções de forma a coordenar pessoal envolvido, maquinaria e material;
- Análise evolutiva das ações e controle do resultado comparativo entre a previsão e a realidade.

Rivier (2002) define um esquema onde é possível observar quais os dados e os principais objetivos de um Sistema de Gestão Integrado (Figura 5.2).

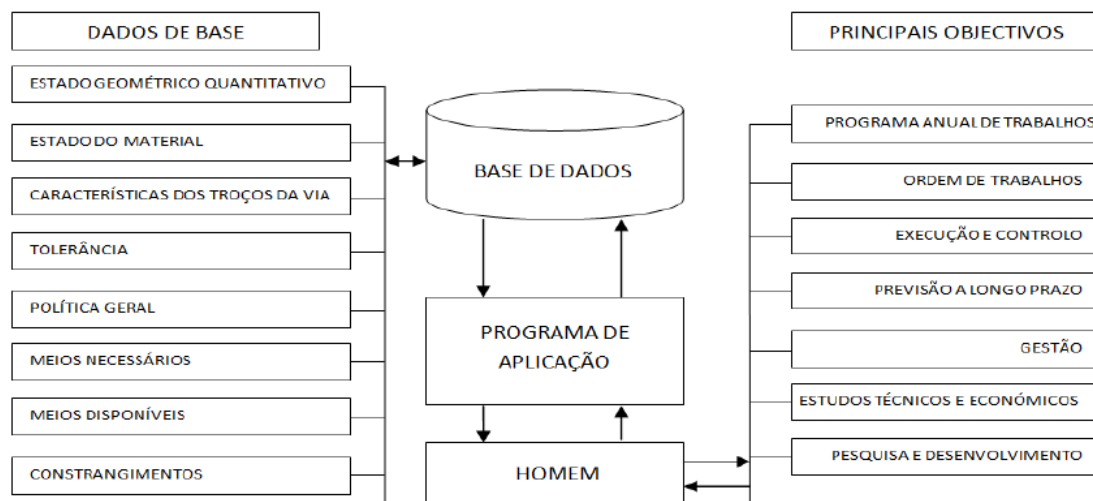


Figura 5.2: Dados e objectivos principais de um Sistema de Gestão Integrado de Vias-férreas [Rivier, 2002]

Os sistemas de gestão têm como função primordial determinar quais os trabalhos de manutenção e renovação da via a executar e quais os elementos de via, que deverão sofrer ações de intervenção a curto, médio e longo prazo, através das políticas de manutenção testadas. A organização no espaço e no tempo dos trabalhos a efetuar, da execução e do seu planeamento é controlada através da funcionalidade de Gestão Diária dos Trabalhos.

A análise do estado geométrico das vias é uma análise de primeira instância das ações de gestão e manutenção das vias-férreas, que visam sobretudo: i) Definir os troços de via que necessitam de intervenção; ii) Determinar a urgência das intervenções; iii) Análise dos trabalhos a realizar e controlo da qualidade dos trabalhos efetuados; iv) Determinação da eficácia dos métodos e dos meios disponíveis; v) Análise do comportamento da via e dos seus elementos ao longo do tempo em função das características do traçado, da carga e da estabilidade da infraestrutura.

Alguns equipamentos que integram a função de Sistemas de Gestão Integrada da Via, usados ou desenvolvidos pelas principais operadoras ferroviárias portuguesas são [Leal, 2008]:

MARPAS – Maintenance and Renewal Planning Aid System: desenvolvido pela *British Rail (BR)*. Dispõe de um modelo de contacto para a análise do sistema roda-carril. Apresenta análise económica operacional, estudos de consumo de energia/combustível e estuda a frequência das ações de vibração em função da irregularidade da via, correlacionado com estudos económicos de forma a conseguir uma programação otimizada.

Netherland Binco Railway: Sistema de informação e controle para a manutenção da via. A base de dados inclui a geometria da via, defeitos, dados da infraestrutura, histórico dos dados da manutenção e custos. São usadas análises estatísticas e de correlação.

TMMS (Track Maintenance Management System): desenvolvido pela *Canadian National Railway*. Usa o conceito de secção homogénea. Realizam-se medidas de campo das condições do carril, da via em geral e das travessas, que se combinam com dados obtidos com o Veículo de Avaliação. Define padrões para desgaste dos carris e irregularidades da via. Dispõe de modelos de previsão de deterioração. O sistema compreende três níveis de informação: (i) arranjo físico da malha a gerir; (ii) estado de condição da via; (iii) Modelo de Degradação da via (TDM).

TMMS (Track Maintenance Management System) BN: desenvolvido pela *Burlington Northern*. O sistema integra modelos de dados e previsão de desempenho. Utiliza para análise económica o Método da Relação Benefício-Custo e planeamento de manutenção de curto e longo prazo (1 e 5 anos).

SMS (Surface Management System): desenvolvido pela *Burlington Northern*. Trata-se de um Sistema Central de Informação de Ferrovias, integrando dados de medições de via, orçamentos, custos, planeamento e GPS (*Global Positioning System*). O sistema planeia o programa de rebalastragem da via.

RAILER (Railroad Track Maintenance Management System): desenvolvido pelo *U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories (USACERL)*. O sistema dispõe de índice próprio para classificação das condições da via e severidade, e permite a adoção de padrões de tolerância definidos pelo utilizador. Armazena dados de inventários e inspeções, de tráfego e históricos de

manutenção, formando uma base de dados passível de ser atualizada. Dispõe de modelo de desempenho. Pode ser utilizado em análises a nível de rede e a nível de projeto. Utiliza uma análise económica pelo Método da Relação Benefício-Custo, para definição de um planeamento otimizado de manutenção baseado num critério de prioridades.

LABOCS (*Database for Railway Track Maintenance Management*): desenvolvido pela *Japan Railway Company*. O sistema cria uma base de dados incluindo irregularidades da via e dados de acelerómetros de veículos de inspeção para formulação de correlações.

Track Management Model: Sistema desenvolvido pela BHP Research. Usa um conceito de Índices de Via Ponderados para avaliar o impacto de custo de alternativas de melhoria dos diferentes índices.

Rail Management Model: o sistema faz uma combinação de análises de engenharia e de estatística com técnicas de previsão de eventos. Define políticas para esmerilamento, lubrificação e troca de carris.

TOSMA (*Tokaido Shinkansen Track MAintenance System*): desenvolvido pela *Japan Railway Company*. O sistema adota o nivelamento como parâmetro de avaliação da via, identifica a velocidade de crescimento das irregularidades e incorpora, na base de dados, os históricos de manutenção e dos materiais aplicados, e as espessuras das camadas da via. Estabelece secções homogéneas, com extensões entre 100 m e 1 km, dependendo das características estruturais. O sistema fornece um plano de manutenção baseado na teoria da convergência.

IAMM (*Infrastructure Applied Maintenance Management*) : desenvolvido pela *Spoornet e University of Pretoria*. Trabalha com base de dados incluindo GPS, históricos de manutenção, avaliações e diversos outros elementos.

ECOTRACK: desenvolvido pela *ERRI (European Rail Research Institute)* a pedido da *UIC (Union International des Chemins de Fer)*. O sistema é baseado em métodos modernos de diagnóstico, incluindo sistemas especializados de engenharia (análise de troços de via, a geometria, e equipamentos) e de gestão a médio e longo prazo (planeamento e otimização da alocação de recursos disponíveis). O ECOTRACK possui também uma opção extremamente benéfica para simular as condições futuras que podem ocorrer em uma determinada via. Aqui, o usuário pode alterar as velocidades futuras, a tonelagem anual e cargas do eixo e ver o impacto resultante sobre a futura manutenção e os custos de renovação e qualidade da via. Permite ainda que a manutenção possa ser realizada de acordo com um orçamento fixo.

5.3 Ações de Prolongamento do Ciclo de Vida

A previsão de falhas na infraestrutura de uma via-férrea é essencial para a estimativa dos custos do seu ciclo de vida. Se aplicadas corretamente, as técnicas RAMS podem, a partir de uma quantidade suficiente de dados de falha, prever o número e distribuição de falhas na infraestrutura de via-férrea ao longo do tempo, que por sua vez fornecem uma estimativa da disponibilidade. Disponibilidade esta que vai ditar a capacidade de serviço e operações de manutenção da via, portanto, levando a avaliação dos custos.

De modo a prever o *timing* de uma necessária renovação da via existente, a UIC publicou um estudo que afirma que de forma geral, as vias sofrem o seguinte processo de degradação ao longo da sua vida útil:

- Degradação inicial linear, que ocorre durante os dois ou três anos de serviço;
- Processo de consolidação, aumento da degradação durante os dez ou doze anos seguintes;
- Aceleração da degradação, com crescimento exponencial, o qual se manifesta a partir dos treze ou quinze anos de serviço.

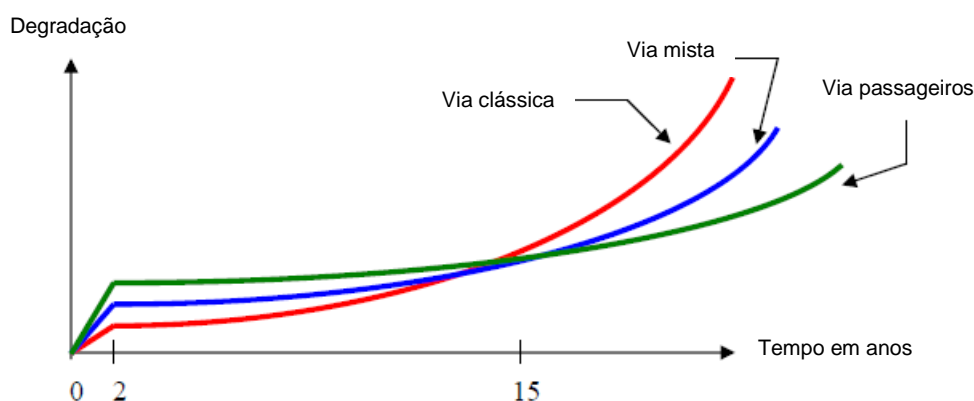


Figura 5.3: Degradação da via ao longo do tempo segundo a UIC [Aribau, 2004]

No sentido de prolongar o tempo de vida útil de uma infraestrutura, existem vários fatores sobre os quais é possível intervir [Ribeiro, 2007]:

- Natureza dos materiais;
- Qualidade dos materiais;
- Aumento da severidade dos Regulamentos de Cálculo;
- Disposições construtivas;
- Qualidade de execução;
- Vigilância e manutenção.

A obrigatoriedade de apresentação de planos de gestão da qualidade, que proporcionam um melhor conhecimento e acompanhamento das várias fases de intervenção da obra, é uma grande melhoria no sentido do prolongamento da vida útil.

A fiscalização deve ser exercida por técnicos habilitados e experientes, que sejam intervenientes ativos, de uma forma constante e que promovam um acompanhamento total, no sentido do cumprimento, nomeadamente do plano geral de qualidade.

Quanto à manutenção, a mesma deve ter os meios humanos e técnicos necessários para assegurar a qualidade da obra ao longo da sua vida útil e poder de forma programada levar a cabo ações de reparação e de substituição de elementos. Essa manutenção só pode ter lugar nas devidas condições se existirem orçamentos de despesas para cada obra, previstos atempadamente com o detalhe necessário.

Atualmente a REFER, para qualquer nova construção, prevista no plano de investimentos, exige ao órgão gestor interno da mesma, o correspondente plano de investimentos em manutenção para essa obra, para os cinco anos seguintes à sua entrada em serviço. Visa-se, desta forma, assegurar a manutenção da obra no seu prazo de garantia, uma vez que a mesma só contempla a execução de trabalhos de reparação de defeitos de execução [Ribeiro, 2007].

5.4 A Importância da Análise de Custos do Ciclo de Vida

Na década de 90 o cenário para a gestão de infraestrutura mudou para muitas ferrovias, especialmente na Europa. A reestruturação do setor ferroviário levou ao pagamento de multas, em caso de interrupção não planeada, por parte do operador da infraestrutura. Decisões de manutenção têm de ser baseadas em estimativas de confiabilidade, disponibilidade e custos de manutenção, a fim de minimizar os custos totais, a longo prazo, para o proprietário da infraestrutura.

No sector ferroviário holandês três "programas de mudança" tiveram início nos meados dos anos 90, a fim de lidar com a alteração das condições de gestão [Esveld, 2001]:

- i. *Life Cycle Management (LCM)*: visa a realização de uma abordagem sistemática para apoiar e otimizar os investimentos na nova construção, manutenção e renovação, através de uma aplicação informática.
- ii. *Performance-based contracts*: introduzidos pelos gestores de manutenção e de incidentes. Operadores com sistemas de controlo de qualidade aprovados, podem adquirir este tipo de contrato por períodos de 5 anos. As inspeções serão monitorizadas com base em indicadores de desempenho.
- iii. *Maintenance window scheduling*: é desencadeada por exigências de segurança mais rigorosas para a manutenção de obras.

As infraestruturas ferroviárias têm uma longa vida útil e os investimentos são muito elevados. Neste sentido, é necessário ter em conta os impactos, a longo prazo, dos custos da construção, da manutenção, e dos processos de transporte. Um regime de manutenção preventiva pode, por exemplo adiar renovações e reduzir as interrupções de tráfego. No entanto, isso exigirá um correto planeamento, a fim de desenvolver uma ótima estratégia de manutenção. O custo do ciclo de vida deve ser analisado.

Entende-se que vida útil é o período de tempo, no qual a estrutura tem condições para desempenhar as funções para as quais foi projetada. É possível distinguir três períodos de vida útil [Ribeiro,2007]:

- A vida útil de projeto;
- A Vida útil de serviço ou de utilização, que é o período de tempo que vai até ao momento em que aparecem irregularidades superficiais na infraestrutura;
- Vida útil última ou total, que é o período de tempo que vai até à rutura e colapso parcial ou total da infraestrutura, correspondendo ao período de tempo em que há uma redução significativa de rigidez.

Pelo gráfico representado na Figura 5.4 confirma-se que, pela fatia que representam, as ações de renovação/reabilitação da via-férrea representam a maior percentagem de custos disponíveis no setor ferroviário.

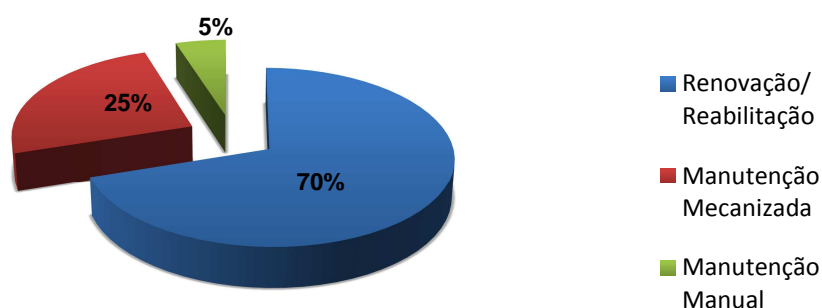


Figura 5.4: Custos totais anuais de manutenção e renovação da via-férrea [adaptado de Esveld, 2001]

Os custos do ciclo de vida útil da via-férrea podem ser distinguidos de duas formas [Esveld, 2001]:

1. *Custos Tangíveis/Custos Intangíveis*: Custos tangíveis são referentes aos custos de construção e manutenção (trabalho, materiais e máquinas) são custos quantificáveis. Perda de qualidade, redução dos serviços de transporte, redução de segurança e do nível de conforto, poluição sonora são custos intangíveis, pois não é conhecido o custo exato.

2. *Custos Iniciais/Custos de Funcionamento*: Os custos iniciais são os custos de aquisição e instalação ou construção. Os custos de funcionamento dizem respeito aos custos das despesas ao longo do período de serviço da via-férrea.

Uma outra distinção pode ser feita entre *Custos Anuais*, tais como inspeções e pequenas manutenções, e *Custos Intermitentes*, como grandes manutenções e renovações. Os *Custos Iniciais* e as *Custos de Funcionamento* para o primeiro ano de serviço da via férrea são designados por "*full year effect costs*".

Para conseguir uma redução do custo efetivo precisam ser fornecidas informações adequadas. Com dados mais objetivos, os processos tornam-se mais transparentes e, portanto, os custos podem ser controlados. Tendo como base, a segunda regra de ouro das ações de manutenção, "Manutenção corretiva é três vezes mais cara do que a preventiva" [Teixeira, IST].

Para conduzir uma análise de custos ao longo do ciclo de vida de uma infraestrutura, torna-se necessário ter experiência profissional de utilização de princípios económicos, estar familiarizado com as técnicas de reabilitação e com os respetivos custos. Ter acesso a uma base de dados de preços, conhecer as alternativas mais prováveis que podem ser seguidas no desenvolvimento das reparações e ter um bom conhecimento do comportamento da infraestrutura ao longo do seu tempo de vida útil [Ribeiro, 2007].

Atualmente é cada vez mais frequente exigir às infraestruturas longos períodos de vida útil, pelo que os custos da manutenção periódica, de reabilitação e de substituição adquirem cada vez maior importância no contexto das decisões de investimentos nestas infraestruturas.

Segundo Ribeiro (2007), o custo do ciclo de vida pode ser expresso pela expressão (5.1):

$$CCV = CP + CC + CM + CR + CU + CRS \quad (5.1)$$

Em que:

CCV = Custo de Ciclo de Vida;

CP = Custo de Projeto;

CM = Custo de Construção;

CR = Custo de Reabilitação;

CU = Custo de uso;

CRS= Custo residual.

As metodologias de análise incorporam incertezas, que estão relacionadas com a variação tanto dos próprios custos de reparação, como da altura em que estes vão ocorrer ao longo do tempo de análise. Esta incerteza também se verifica quando se aplicam novos materiais, cujo comportamento ao longo do tempo ainda não é conhecido, mas que se pode fazer refletir na análise através da

admissão de um maior grau de incerteza tanto no seu custo, como no próprio tempo de durabilidade admitido para esse material [Ribeiro, 2007].

Para decidir em que momento exato é necessário renovar e qual o método a utilizar é desejável saber os custos de cada um dos trabalhos. É portanto difícil, sem fazer um estudo exaustivo, determinar qual o método mais benéfico economicamente, porque, para além dos custos dos equipamentos é necessário ter conhecimento dos custos do número de trabalhadores, a terra para armazenagem, etc. [Aribau, 2004]

Em seguida, procura-se estabelecer uma abordagem genérica dos custos de alguns elementos da via-férrea, tendo por base um estudo espanhol realizado por Aribau (2004). Sendo necessário referir que os valores indicados são referentes ao ano de 2004, as quais devem ser sujeitos a atualização.

Um valor aproximado de materiais utilizados atualmente:

Quadro 5.1: Custo de alguns elementos da via-férrea [adaptado de Aribau, 2004]

Elementos	Custo
Carril UIC-60 (60,34 kg/ml.)	610 €/ton
Travessas I-99 (fixação incluída)	75 €/ud.
Balastro (1,5 ton/m ³)	16 €/ton

Assim, apenas materiais, o custo de renovação de uma linha com 471 km e admitindo um volume médio de balastro igual a 3,5 m³, perfaz os seguintes valores:

Quadro 5.2: Custo Total de alguns elementos para uma via-férrea com 471 km [adaptado de Aribau, 2004]

Elementos	Custo Total
Carris UIC-60 (4 carris)	69,35 Milhões de euros
Travessas I-99	117,75 Milhões de euros
Balastro	79 Milhões de euros

O próximo passo é saber o custo do equipamento principal para ser utilizado nas ações de renovação. Além do preço dos equipamentos, é também indicado entre parêntesis operadores necessários para cada tipo de equipamento, assim contabiliza-se o custo de mão-de-obra.

Quadro 5.3: Custo dos principais equipamentos de renovação da via-férrea [adaptado de Aribau, 2004]

Equipamentos de Renovação	Custos
Limpeza de Balastro (3 operadores)	4,0 Milhões de euros
Estabilizador de via (2 operadores)	1,6 Milhões de euros
Reperfiladora (1 operador)	0,8 Milhões de euros
Rebalastradora	0,05 Milhões de euros
Renovação de via com pórticos (2 operadores)	0,6 Milhões de euros
Comboio de Renovação (5 trabalhadores)	6,0 Milhões de euros
Pórticos de substituição de AMV (2 operadores)	1,5 M €
Comboio com carga útil (1 operador)	0,3 M €

Esta relação não inclui pequenos equipamentos vulgarmente utilizados neste tipo de trabalhos e que facilitam ou são essenciais para o trabalho, pois o custo de tais equipamentos é consideravelmente menor (cerca de uma ou duas ordens de grandeza) do que os listados acima e, portanto, não vai provocar uma variação substancial nos custos de cada uma das renovações.

Em seguida, apresentam-se os custos de manutenção totais por quilómetro, em milhões de euros, de algumas linhas férreas nacionais nos anos 2009, 2010 e 2011, determinados pela REFER nos anos 2009, 2010 e 2011.

Quadro 5.4: Custos de manutenção linhas nacionais

Ano 2009					
Linha	Troço	Velocidade Máxima [km/h]	Extensão [km]	Custo de Manutenção [Milhões €]	Custos de Manutenção/km [Milhões €]
Norte	Sta. Apolónia - Azambuja	220	142	7,5	0,05
Norte	Azambuja - Setil	220	19	0,9	0,05
Norte	Entroncamento - Alfarelos	220	184	2,8	0,02
Norte	Pampilhosa - Ovar	220	139	2,9	0,02
Alentejo	Pinhal Novo - Poceirão	220	30	0,6	0,02
Sul	Coina - Setúbal	200	53	2,1	0,04
Sul	Águas de Moura - Pinheiro	220	15	3,4	0,23
Sul	Grândola - Torre Vã	220	68	2,4	0,04
TOTAL			651	22,6	0,47

Quadro 5.5: Custos de manutenção linhas nacionais

Ano 2010					
Linha	Troço	Velocidade Máxima [km/h]	Extensão [km]	Custo de Manutenção [Milhões €]	Custos de Manutenção/km [Milhões €]
Norte	Sta. Apolónia - Azambuja	220	142	7,2	0,05
Norte	Azambuja - Setil	220	19	0,9	0,05
Norte	Entroncamento - Alfarelos	220	184	3,4	0,02
Norte	Pampilhosa - Ovar	220	139	5	0,04
Alentejo	Pinhal Novo - Poceirão	220	30	0,7	0,02
Sul	Coina - Setúbal	200	53	1,9	0,04
Sul	Águas de Moura - Pinheiro	220	15	2,8	0,19
Sul	Grândola - Torre Vã	220	68	2,2	0,03
TOTAL			651	24,1	0,43

Quadro 5.6: Custos de manutenção linhas nacionais

Ano 2011					
Linha	Troço	Velocidade Máxima [km/h]	Extensão [km]	Custo de Manutenção [Milhões €]	Custos de Manutenção/km [Milhões €]
Norte	Sta. Apolónia - Azambuja	220	142	6,4	0,05
Norte	Azambuja - Setil	220	19	0,7	0,04
Norte	Entroncamento - Alfarelos	220	184	2,6	0,01
Norte	Pampilhosa - Ovar	220	139	2,6	0,02
Sul	Coina - Setúbal	220	53	1,4	0,03
Sul	Águas de Moura - Pinheiro	220	128	3,8	0,03
TOTAL			665	17,5	0,17

5.5 Considerações Finais

Apenas o uso de componentes de alta qualidade na via e a escolha correta de ações de manutenção de via permanente, construção ou obras de renovação, usando equipamentos de alta qualidade e de alto rendimento, levando em consideração as condições de segurança de trabalho para os operadores, e os custos de operação mantidos o mais baixo possível, garantem uma vida útil rentável da via.

Tanto para o projeto como para a manutenção da via-férrea, existe um grande potencial para reduzir os custos de propriedade e a interrupção do tráfego causado por falhas. A fim de analisar e otimizar sistematicamente as estratégias de manutenção, uma análise de custo do ciclo de vida é necessária.

No entanto, para a concretização do Custo do Ciclo de Vida o desenvolvimento de um Sistema de Gestão de Manutenção (SGM) é essencial. A recolha de dados no acompanhamento da manutenção tem sido uma área negligenciada, pois geralmente, uma grande quantidade de dados brutos sobre a qualidade da via é recolhida, mas os dados são pouco utilizáveis devido a um certo número de razões [Esveld, 2001]:

- O histórico de manutenção e de irregularidades da via, não está disponível em sistemas de base de dados;
- Os dados da qualidade da via não são agrupados em sistemas centrais de base de dados;
- Os dados brutos não são processados segundo indicadores de qualidade adequados.

A obrigação conferida pela legislação, desde 2003, quanto à realização de um plano de segurança e saúde de projeto, implica o projetista no sentido de conceber as soluções mais seguras do ponto de vista da execução, o que no caso das obras ferroviárias, tem reflexos importantes sobre os custos e sobre os prazos [Ribeiro, 2007].

A análise de custos permite perceber, que o custo com o projeto e a fiscalização têm vindo a adquirir com o tempo um peso acrescido no custo final das obras. Esta alteração na constituição dos custos está ligada à maior exigência por parte do dono de obra na escolha dos projetistas, não sendo o preço já o fator primordial mas a qualidade da proposta e da equipa projetista.

Capítulo 6

Ficha de Inspeção Visual

6.1 Considerações Iniciais

A forma mais básica de inspeção é a inspeção visual a pé, existindo normas específicas para este tipo de trabalhos, fornecendo simultaneamente mais informações referentes à manutenção da via.

Este tipo de inspeções permite controlar toda a infraestrutura ferroviária, como i) o correto funcionamento de toda a rede de drenagem; ii) o estado dos principais elementos da plataforma da via (taludes, passeios, etc.); iii) o estado da própria via.

Entendendo a importância deste tipo de inspeção, e reconhecendo a inexistência de uma ficha de inspeção detalhada (FIV), que permita a recolha e tratamento de dados ao longo da vida útil da infraestrutura, é objetivo deste capítulo explicar e exemplificar o correto preenchimento da FIV desenvolvida ao longo deste estudo, tendo em conta as principais necessidades da Rede Nacional.

6.2 Desenvolvimento de Ficha de Inspeção Visual

Ao longo deste capítulo recorre-se a organogramas e a excertos da FIV elaborada, por forma a promover a simples explicação e interpretação da mesma.

Tal como é apresentado no organograma abaixo (Figura 6.1) a FIV é composta por três tipos de informação, a Ficha A – Identificação e Características Gerais da Via; a Ficha B – Obras de Beneficiação; Ficha C – Avaliação e Registo de Anomalias e suas Causas.

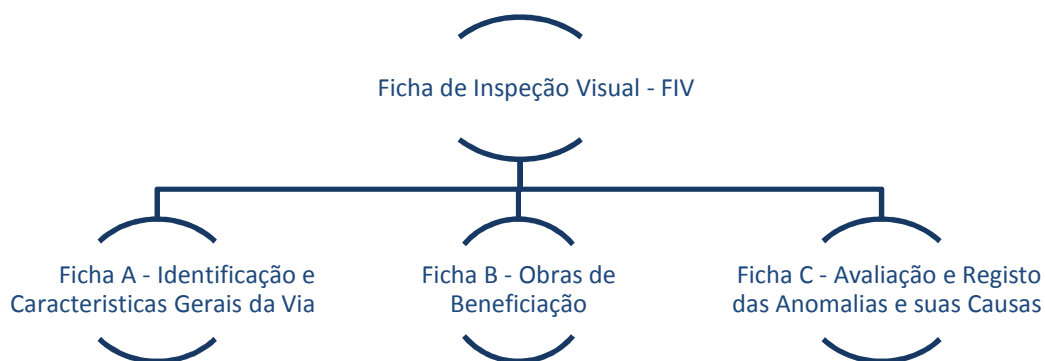


Figura 6.1: Organograma da organização geral da FIV

6.2.1 Ficha A – Identificação e Características Gerais da Via

A Ficha A é constituída por oito campos que reúnem toda a informação que caracteriza a via (Figura 6.2), pode ser tida em conta como a identidade, o “B.I.”, da via-férrea.

FICHA A - Identificação e Características Gerais da Via	1. Dados Gerais
	2. Local de Implantação
	3. Tipologia da Via
	4. Tipologia de Linha
	5. Elementos de Traçado
	6. Tipologia da Estrutura Transversal da Via
	7. Elementos de Via
	8. Outros Elementos de Via

Figura 6.2: Organograma da organização da FICHA A da FIV

A Ficha A é composta por células de preenchimento manual e por células de preenchimento automático, as de preenchimento manual dizem respeito às células que se apresentam em branco, tal como é visível no campo **1.Dados Gerais**.

1. Dados gerais			
Ficha n°:	<input type="text"/>		
Data:	<input type="text"/>		
1.1 Distrito:	<input type="text"/>		
1.2 Concelho:	<input type="text"/>		
1.3 Linha:	<input type="text"/>		
1.4 Quilometragem:			
km, inicial	<input type="text"/>	km, final	<input type="text"/>
1.5 Ano de Construção:	<input type="text"/>		
1.6 Última Renovação Integral da Via:	<input type="text"/>		
1.7 Proc. N°:	<input type="text"/>		

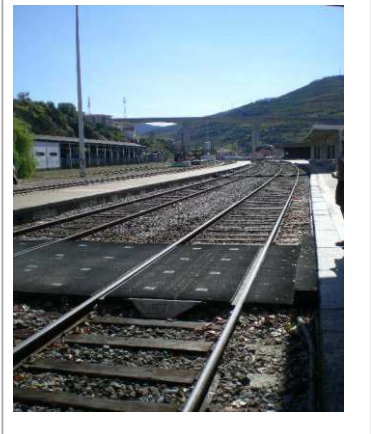


Figura 6.3:Dados Gerais, FICHA A

Um exemplo de células de preenchimento automático está presente no campo **2.Local de Implantação**, estas correspondem às células que apresentam um hífen.

2. Local de implantação [informação sobre a vizinhança]			
2.1 Meio não urbano	<input type="text" value="-"/>	2.2 Meio urbano	<input type="text" value="-"/>
2.3 Zona climática [RCCTE, Anexo III]	<input type="text" value="-"/> <input type="text" value="-"/>		

Figura 6.4: Local de Implantação, FICHA A

As células de preenchimento automático contemplam opções de preenchimento adequadas ao campo em questão. De forma a simplificar a explicação e a perceção deste tipo de preenchimento automático, são demonstradas, a título de exemplo, as opções de preenchimento do campo **2.Local de Implantação**.

O campo **2. Local de Implantação**, tal como o nome sugere, diz respeito ao meio envolvente da via-férrea em análise, isto é, recolhe informação da sua vizinhança. Neste sentido, os campos 2.1 e 2.2 apresentam como opções de preenchimento, “Sim” e “Não”, sendo esta informação suficiente para a caracterização do meio.

2. Local de implantação			
2.1 Meio não urbano	<input type="text" value="-"/>	2.2 Meio urbano	<input type="text" value="-"/>
2.3 Zona climática [RCC]	<div> <div>-</div> <div>Sim</div> <div>Não</div> </div>	<div> <div>-</div> <div>Sim</div> <div>Não</div> </div>	<input type="text" value="-"/>

Figura 6.5: Exemplo1 de preenchimento Local de Implantação, FICHA A

No que confere à classificação da zona climática, onde se encontra a via-férrea, esta apoia-se no Anexo III do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Este regulamento remete-nos para o zonamento climático de Portugal Continental, distingue a zona climática de Inverno (I1; I2; I3) e a de Verão (V1; V2; V3), tendo em conta a distribuição dos concelhos e dados climáticos de referência.

O campo 2.3 apresenta duas células de preenchimento, a primeira indica a zona climática de Inverno e a segunda, a zona climática de Verão.

2. Local de implantação			
2.1 Meio não urbano	-	2.2 Meio urbano	-
2.3 Zona climática [RCCTE, Anexo III]		-	-
		I1	V1
		I2	V2
		I3	V3

Figura 6.6: Exemplo2 de preenchimento Local de Implantação, FICHA A

De apoio à identificação da zona climática, o RCCTE – Anexo III apresenta mapas de Portugal Continental, distinguindo as zonas climáticas por cores de Inverno e de Verão, tal como apresenta a Figura 6.7.

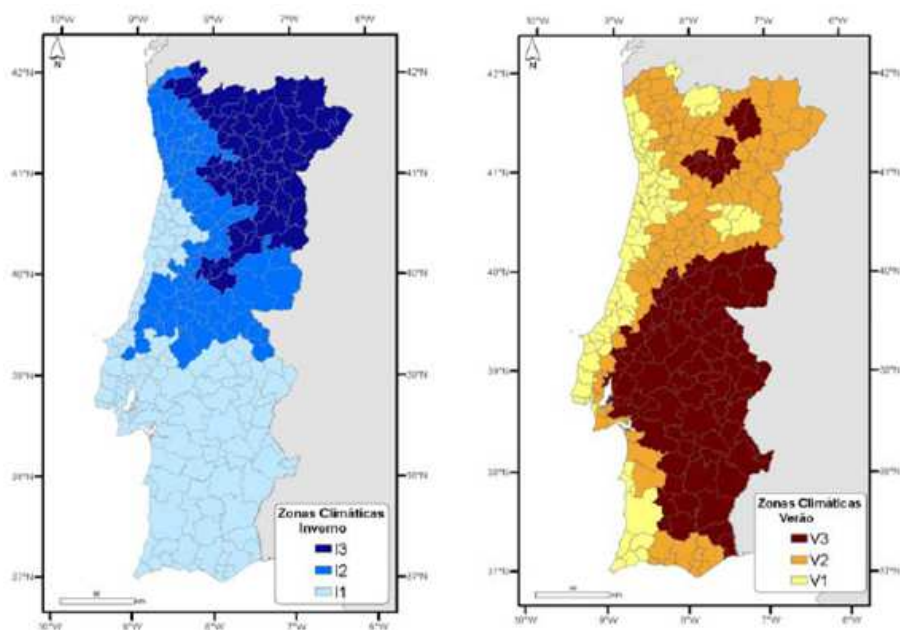


Figura 6.7: Zonas climáticas de Inverno e de Verão [RCCTE – Anexo III]

O campo **3.Tipologia de Via** apresenta células de preenchimento automático. Neste campo, simplesmente se identifica via única (VU) ou dupla. Caso seja uma via única (VU) o preenchimento do

campo 3.2 é desnecessário, caso seja via dupla, será necessário classificar o sentido do tráfego em “VA-Sentido Ascendente” e “VD-Sentido Descendente” tendo em conta a quilometragem.

3. Tipologia de Via	
3.1 Via única (VU)	-
3.2 Via Dupla	-
Sim	VA-Sentido Ascendente
Não	VD-Sentido Descendente

Figura 6.8: Exemplo de preenchimento da Tipologia de via, FICHA A

O campo **4. Tipologia da Linha** é constituído por células de preenchimento manual e automático, tal como mencionado anteriormente, as de preenchimento manual são identificadas como células em branco, sendo as de preenchimento automático as que apresentam um hífen.

4. Tipologia de Linha			
4.1 Via Electrificada	-	4.2 Tipo de tráfego	-
4.4 N° de Comboios		4.3 Estação	-
4.5 Velocidade [km/h]		Restrições	km,inicial km,final
Projeto		-	
4.6 Carga/eixo		-	
Projeto			

Figura 6.9: Tipologia de Linha, FICHA A

Nos campos 4.1 e 4.3 as opções de preenchimento resumem-se a “Sim” e “Não”, enquanto no campo 4.2 é necessário identificar se o tipo de tráfego é de “Passageiros” ou de “Mercadorias”. Nos campos 4.5 será necessária a distinção da velocidade real e da velocidade de projeto, mencionando se existem restrições ao cumprimento deste parâmetro e em caso afirmativo deverá ser indicada a localização dessa restrição. O mesmo processo de preenchimento aplica-se ao campo 4.6.

4. Tipologia de Linha			
4.1 Via Electrificada	-	4.2 Tipo de tráfego	-
4.4 N° de Comboios		Passageiros	Estação
4.5 Velocidade [km/h]		Mercadorias	-
Projeto		Restrições	km,inicial km,final
4.6 Carga/eixo		-	
Projeto			

Figura 6.10: Exemplo de preenchimento da Tipologia de Linha, FICHA A

A informação a introduzir no campo **5.Elementos de Traçado** consiste na identificação do tipo de traçado da via em análise, se é curvo ou se é reto, o preenchimento automático remete para as

opções “Sim” e “Não”, como ilustra a Figura 6.11. Os restantes campos 5.2 e 5.3 são de preenchimento manual, referem-se à existência de pontes e estações na via em inspeção, em caso afirmativo é necessário introduzir a informação da localização desses mesmos elementos.


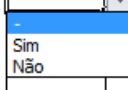
5. Elementos de Traçado			
5.1 Tipologia do traçado			
Curvo	<input type="text" value="-"/>	Reto	<input type="text" value="-"/> 
			
5.2 Pontes			
km,inicial	<input type="text"/>	km,final	<input type="text"/>
5.3 Estação			
km,inicial	<input type="text"/>	km,final	<input type="text"/>

Figura 6.11: Exemplo de preenchimento de Elementos do Traçado, FICHA A

Neste campo, **6. Tipologia da Estrutura Transversal da Via**, reúne-se informação dos elementos que compõem a via em profundidade, também neste campo se encontram células de preenchimento manual e automático.

A informação a introduzir no campo **6.1 Espessura Total** resulta da expressão (2.1) do Capítulo 2, que tem em conta a definição da espessura total das camadas de balastro e sub-balastro segundo a UIC719Rb, 2008.

Todos os campos de preenchimento automático apresentam como opções de preenchimento “Sim” e “Não”, à exceção do campo 6.4, que informa o tipo de base da fundação da via (“Aterro”; “Escavação”; “Misto”).


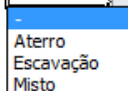
6. Tipologia da estrutura transversal da via			
6.1 Espessura total [m]	<input type="text"/>	6.2 N° de Camadas	<input type="text"/>
		6.3 Materiais/Camada	<input type="text"/>
6.4 Fundação	<input type="text" value="-"/> 	Sub-balastro	<input type="text" value="-"/>
			
6.6 Via balastrada	<input type="text"/>	Via em laje	<input type="text" value="-"/>
		6.8 Via mista	<input type="text" value="-"/>
6.9 Geotextil	<input type="text" value="-"/>	Localização/camada	<input type="text"/>
6.10 Geogrelhas	<input type="text" value="-"/>	Localização/camada	<input type="text"/>

Figura 6.12: Exemplo de preenchimento Tipologia da Estrutura Transversal da via, FICHA A

Serve o penúltimo campo da Ficha A, **7.Elementos de Via**, para recolher informação sobre a tipologia e referências dos elementos que constituem a via em inspeção, a informação de apoio ao preenchimento deste campo é abordada no Capítulo 2.

7. Elementos de Via			
7.1 Carril	-	Travessa	-
7.3 Fixações	Juntas BLS	Madeira Betão	Referência Travessa
7.4 AMV	Nº de AMV	7.5 Drenagem	-
		Exterior Interior	7.6 Aparelhos Dilatação
			Sim Não

Figura 6.13: Exemplo1 de preenchimento Elementos de Via, FICHA A

7. Elementos de Via			
7.1 Carril	-	7.2 Travessa	-
7.3 Fixações	-	-	Referência Travessa
7.4 AMV	Diretas Indiretas	Rígidas Elásticas	7.6 Aparelhos Dilatação
	Nº de AMV		-

Figura 6.14: Exemplo2 de preenchimento de Elementos de Via, FICHA A

O campo **8.Outros Elementos De Via** apresenta-se como o último campo que consta na Ficha A, este permite introduzir informações adicionais acerca da composição da via, como os que se encontram na Figura 6.15.

8. Outros Elementos de Via		
8.1 Sistemas de lubrificação	-	8.2 Bitola
Sim Não	-	8.3 Talude [altura aprox.]
	1668 mm 1435 mm	[m]

Figura 6.15: Exemplo de preenchimento de Outros Elementos de Via, FICHA A

6.2.2 Ficha B – Obras de Beneficiação

A **Ficha B – Obras de Beneficiação** não é de preenchimento único, a informação da via contida nesta ficha deve ser atualizada sempre que se verifiquem ações de Renovação /Reabilitação. Tal como é perceptível pelo organograma da organização abaixo (Figura 6.16), na Ficha B reúnem-se dois conjuntos de informação, a informação que se refere às renovações realizadas aos elementos da superestrutura e as realizadas aos elementos que constituem a subestrutura.

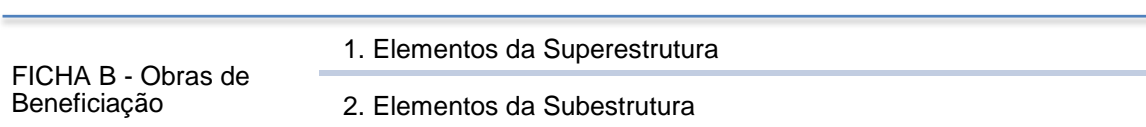


Figura 6.16: Organograma da organização da FICHA B da FIV

Neste sentido apresenta-se em seguida um excerto da Ficha B, com o objetivo de facilitar a explicação do significado de cada campo a preencher. De salientar, que o princípio de preenchimento que se passa a exemplificar abaixo é aplicável aos restantes campos da ficha.

No campo de preenchimento automático **1.1 Carril**, caso se verifiquem obras de renovação/reabilitação aquando da inspeção a opção “Sim” deverá ser selecionada e o preenchimento dos restantes campos deverá continuar, caso contrário, seleciona-se a opção “Não” e prossegue-se para a análise do próximo elemento.

Nas células de preenchimento automático “Projeto” e “Extraordinária” deverá ser selecionada a opção que diz respeito ao motivo da ação de renovação/reabilitação. Em situações em que os trabalhos de renovação do elemento são realizados de emergência, deve ser atribuída à célula que corresponde ao ano dessa mesma intervenção a letra **(E)**.

O preenchimento da tabela que indica o número de Intervenções por ano é algo intuitivo, correspondendo a célula “Ano 1” ao primeiro ano de renovação e assim sucessivamente, para os restantes anos. No entanto, a informação a introduzir nas células de preenchimento manual, não é mais do que o número de vezes que cada trabalho discriminado foi realizado no respetivo ano.

1. Elementos da Superestrutura			
1.1. Carril	-	Projecto	-
NOTA: Em situação	-	atribuir à célula um	-
	Sim Não		Sim Não
Nº Int. - número de intervenções		Extraordinária (emergência)	
Trabalhos identificados no local:		Nº Int. / Ano	
1.1.1 Reparação/Substituição total		Ano 1	Ano 2
1.1.2 Reparação/Substituição parcial		Ano 3	Ano 4
1.1.3 Lubrificação			
1.1.4 Esmerilagem			
1.1.5 Soldaduras			
1.1.6 Decapagem			
1.1.7 Alteração do tipo de elemento			
1.2. Travessas	-	Projecto	-
NOTA: Em situação de emergência atribuir à célula um (E)		Extraordinária (emergência)	-
Nº Int. - número de intervenções		Nº Int. / Ano	
Trabalhos identificados no local:		Ano 1	Ano 2
1.2.1 Reparação/Substituição total		Ano 3	Ano 4
1.2.2 Reparação/Substituição parcial			
1.2.3 Alteração do tipo de elemento			
1.2.4 Ataque da via (travessas dançantes; desniveis)			
1.2.5 Alteração do tipo de elemento			

Figura 6.17: Exemplo de preenchimento Elementos da superestrutura, FICHA B

6.2.3 Ficha C – Avaliação e Registo das Anomalias e suas Causas

A informação da **Ficha C – Avaliação e Registo das Anomalias e suas Causas** divide-se em dois campos (Figura 6.18): **1.Anomalias**, onde é apresentada uma listagem de anomalias mais correntes em cada elemento da via-férrea; **2.Causas das Anomalias**, onde se enunciam as causas mais comuns para as anomalias detetadas na via-férrea.

FICHA C - Avaliação e Registo das Anomalias e suas Causas	1. Anomalias	1.1 Carril
		1.2 Travessas
		1.3 Fixações
		1.4 AMV
		1.5 Balastro
		1.6 Sub-balastro
		1.7 Fundação
	2. Causas Prováveis das Anomalias	2.1 Erros de conceção
		2.2 Erros de Execução
		2.3 Ações Ambientais
		2.4 Ações de origem mecânica
		2.5 Utilização/Manutenção

Figura 6.18: Organograma da organização da FICHA C da FIV

Tal como na Ficha B, também o preenchimento da **Ficha C – Avaliação e Registo das Anomalias e suas Causas** deverá ser atualizado sempre que se proceda à renovação/reabilitação de elementos da via em inspeção, de modo a permitir a criação de uma viável e fiável base de dados ao longo da vida útil da via-férrea.

Em seguida é apresentado um excerto da Ficha C, que funciona como exemplo para a explicação do seu correto preenchimento. No campo **1.1 Carril**, encontra-se uma listagem das anomalias frequentes nos carris e uma tabela de preenchimento intuitivo.

1. Anomalias <small>NOTA: Assinalar a anomalia encontrada no esquema representativo apresentado</small>					
1.1. Carril					
An. - anomalia; Cód. - Código	An.	Causas Prováveis/Possíveis	Localização (GPS)	Cód. Filme (min.)	Cód. Foto
1 - Inclinação insuficiente	-				
2 - Inclinação excessiva	-				
3 - Lubrificação insuficiente	Sim				
4 - Desgaste ondulatório	Não				
5 - Desalinhamento / deslocamento dos elementos	-				
6 - Deficiência na bitola	-				
7 - Vestígios de corrosão / ferrugem	-				
8 - Deficiência na condução de corrente elétrica	-				
9 - Desgaste da cabeça do carril	-				
10 - Deficiência de soldadura	-				
11 - Deficiências de remates em juntas	-				

Figura 6.19: Exemplo de preenchimento Anomalias, FICHA C

A primeira coluna da tabela apresenta células de preenchimento automático, em que as opções de preenchimento são “Sim” e “Não”, tal como ilustra a Figura 6.19. Caso seja detetada uma das anomalias mencionadas, o passo seguinte passa pela identificação e introdução da numeração correspondente às causas prováveis à ocorrência dessa mesma anomalia. Neste sentido, o campo **2.Causas das Anomalias** serve de apoio ao correto preenchimento.

2. Causas das anomalias			
2.1 Erros de conceção	1 - pormenorização omissa ou deficiente	2.2 Erros de Execução	3 - execução deficiente
	2 - prescrição de materiais omissa ou deficiente		4 - não cumprimento do projecto
			5 - utilização inadequada de materiais
2.3 Ações Ambientais	8 - acumulação de humidade	2.4 Ações de origem mecânica	6 - cargas excessivas
	9 - chuvas intensas		7 - choques
	10 - ventos excepcionais		
	11 - gelo / degelo		
	12 - radiação solar / ultravioletas		
2.5 Utilização/manutenção	13 - poluição		
	14 - utilização inadequada do espaço		
	15 - ausência / inadequação de manutenção		
	16 - alteração de utilização do espaço		
	17 - envelhecimento natural		
	18 - vandalismo		

Figura 6.20: Causas das Anomalias, FICHA C

Aquando da inspeção visual a pé, aconselha-se o uso de equipamentos que permitam registar as coordenadas geográficas (GPS) do local onde é identificada a anomalia, assim como um equipamento que permita o registo fotográfico e de filme da anomalia, de modo a recolher o máximo de informação real, tornando viável o preenchimento dos restantes campos da tabela em causa. Após a recolha e organização destes registos, *in situ* ou em gabinete, deve ser atribuído um código (cód.) tanto ao registo fotográfico como ao registo de filme.

A **Ficha C – Avaliação e Registo das Anomalias e suas Causas**, apresenta em anexo a planta de uma via-férrea esquemática (Figura 6.21), com Bitola Ibérica (1668mm) e trecho de via de 100m, com o intuito de facilitar o tratamento de dados, no que diz respeito à localização e em que elemento é detetado a anomalia. Tornando-se vantajoso para a entidade de inspeção, fazer-se acompanhar deste esquema, aquando da inspeção *in situ*.

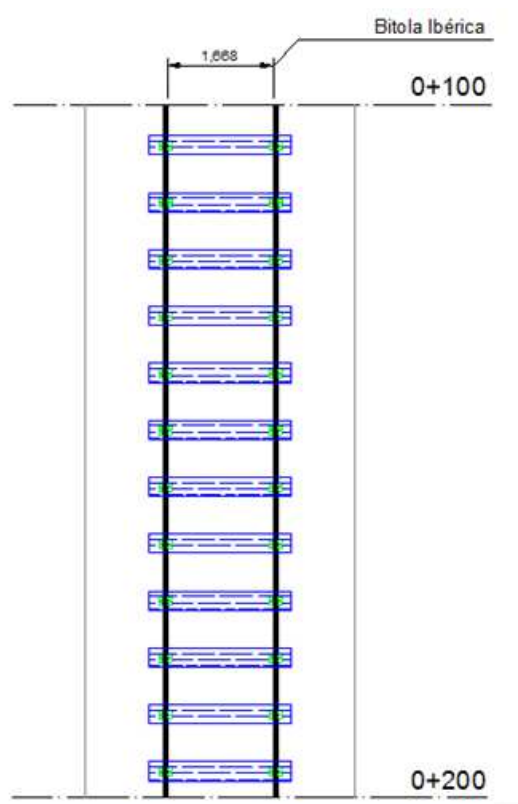


Figura 6.21: Esquema representativo de uma via férrea em planta, FICHA C

De ressaltar que apesar de a presente FIV ser detalhada e analisar os vários pormenores da via desde a sua conceção, a sua complexidade dissipa-se quando o seu preenchimento é contínuo, isto é, desde que a informação recolhida seja fidedigna e coerente, então o seu preenchimento total é único, sendo apenas necessário proceder à atualização de informação ao longo da vida útil da via. Porém, a sua dificuldade de preenchimento depende da capacidade de organização e da recolha de dados aquando da Inspeção Visual a pé por parte do inspetor.

6.3 Desenvolvimento de Ficha de Inspeção - EM120

É objetivo da Ficha de Inspeção – EM120 apoiar os técnicos de inspeção no tratamento e organização dos dados fornecidos pelo veículo de inspeção automática EM120, sendo vista como uma contribuição adicional para a criação da base de dados da vida útil da via-férrea.

O VIV – Automático EM120, propriedade da REFER, apenas pode ser usado em linhas ferroviárias de bitola ibérica (1668mm). Note-se ainda, que este veículo de inspeção pode circular a uma velocidade máxima de 120km/h e inclui vários equipamentos úteis para a inspeção e registo das medições efetuadas em cada campanha de monitorização, já especificados no subcapítulo 3.3.2. A medição e o registo dos parâmetros geométricos (nivelamento longitudinal e transversal; alinhamento; bitola; empeno), que permitem caracterizar a qualidade da geometria da via, são feitos em pontos da via distanciados de 0,25m, ao longo de trechos de via de 200m (Figura 6.22).

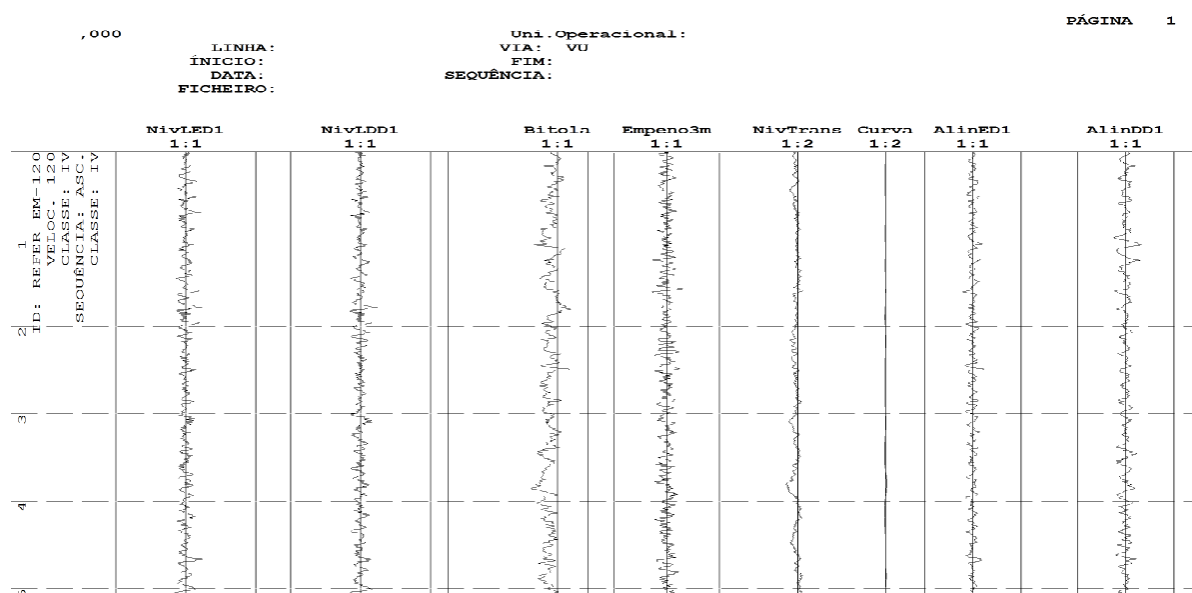


Figura 6.22: Excerto do registo de uma campanha de inspeção realizada pela EM120 [REFER, 2012]

No desenvolvimento desta ficha de inspeção de apoio aos registos da EM120, considera-se defeito de via qualquer irregularidade cujo valor de medição ultrapasse as tolerâncias definidas pela IT.VIA.018, 2009. Neste contexto, os valores dos parâmetros registados são comparados com limites inferiores e superiores definidos na IT.VIA.018, 2009, tendo em conta as ações de manutenção de alerta, de intervenção e de ação imediata.

6.3.1 Ficha D – Avaliação e Registo de Anomalias

Tendo em conta os parâmetros geométricos que são registados pela EM120, a presente ficha de inspeção é constituída por oito campos onde são considerados esses mesmos parâmetros. No organograma seguinte (Figura 6.23) é possível ver a como é organizada a Ficha D – Avaliação e Registo de Anomalias.

Ficha D – Avaliação e Registo de Anomalias	Nivelamento Longitudinal Esquerdo - NivLE
	Nivelamento Longitudinal Direito - NivLD
	Alinhamento Esquerdo - AlinE
	Alinhamento Direito - AlinD
	Nivelamento Transversal - NivTrans
	Empeno 3m
	Bitola
	Curva

Figura 6.23: Organograma da organização da FICHA D da FIV – EM120

Com o desenvolvimento desta Ficha de apoio à EM120 pretende-se conseguir fazer uma microanálise dos registos de cada campanha de inspeção. Tal como é delimitado na Figura 6.24, a EM120 faz tratamento dos registos em trechos de via de 200m, sendo emitido só um valor, nomeadamente o desvio padrão dos parâmetros de nivelamento e alinhamento, o que neste contexto é considerada uma macroanálise. Entende-se portanto que, de acordo com a FIV abordada no subcapítulo 6.2, apesar de se tratar de uma análise mais exaustiva, será vantajoso no que diz respeito à tomada de decisão sobre as ações de manutenção, uma análise de trechos de 100m, ou seja, de uma microanálise obtêm-se resultados mais pormenorizados.

A título de exemplo do correto preenchimento da FICHA D – Registo e Avaliação de Anomalias apresentada no Anexo B do presente estudo, é apresentado um excerto da mesma que corresponde à análise do NivLE – nivelamento longitudinal esquerdo. Note-se ainda que os valores apresentados não são valores reais, pretende-se apenas elucidar para o objetivo em causa.

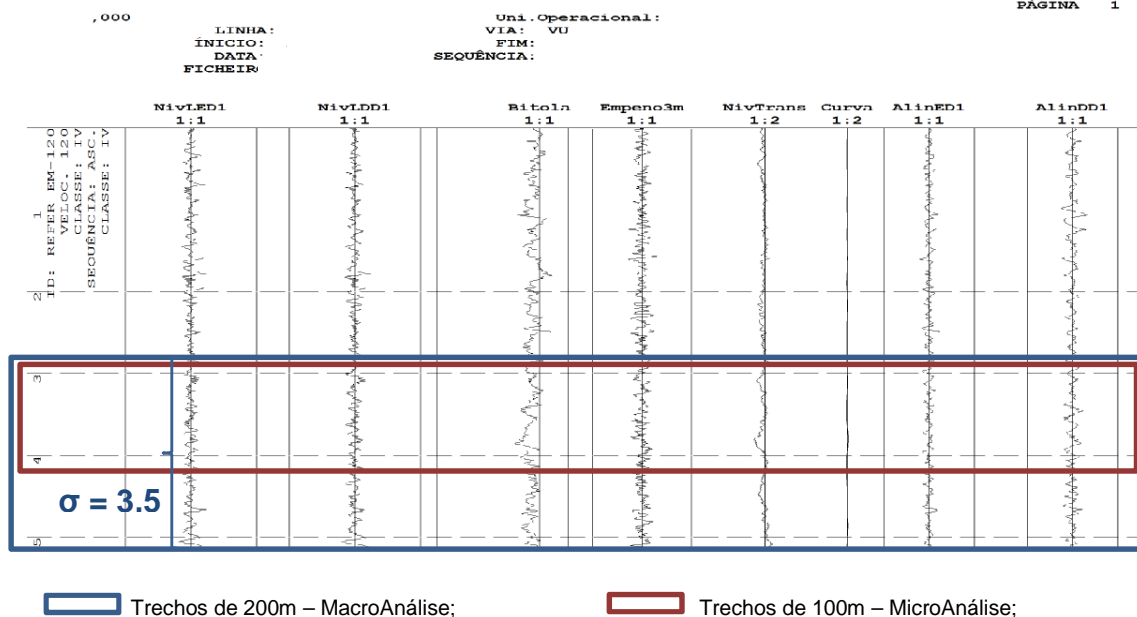


Figura 6.24: Exemplo esquemático dos registros da EM120: de microanálise (100m) e macroanálise (valores de DP dos parâmetros em 200m),

A seguinte tabela da Figura 6.25, apresenta o significado das abreviaturas correntes nesta Ficha de Inspeção.

Significados	
Cód.	Código
Na.	Anomalia
km	Quilômetros
NivLE	Nivelamento Longitudinal Esquerdo - Resultado da medição por cordas simétricas de 10m / Flechas
NivLD	Nivelamento Longitudinal Direito - Resultado da medição por cordas simétricas de 10m / Flechas
AlinE	Alinhamento Esquerdo - Resultado da medição por cordas simétricas de 10m / Flechas
AlinD	Alinhamento Direito - Resultado da medição por cordas simétricas de 10m / Flechas
NivTrans	Nivelamento Transversal (Escala) - Valor absoluto
Empeno3m	Empeno calculado numa base de 3m - Valor absoluto
Bitola	Bitola
Curva	Curvatura - Representação do traçado em planta (Raio = 12500 / Curva); Curva em "mm" e Raio em "m"

Figura 6.25: Significados das abreviaturas usadas na FICHA D

O campo de preenchimento de cada parâmetro geométrico contém células de preenchimento automático e células de preenchimento manual. O preenchimento de cada campo da Ficha é realizado caso se verifique a existência de anomalia nos valores do parâmetro geométrico.

LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PATOLOGIA EM VIA FÉRREA BALASTRADA - EM120				FICHA D	
AVALIAÇÃO E REGISTO DE ANOMALIAS					
NivLE - Nivelamento Longitudinal Esquerdo;		An. -	An. - anomalia;	Cód. - Código	
km,inicial	Extensão (m)	Sim Não	Classe de Via		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;"> Tolerâncias [mm] </div>					
Localização [km]	Valor medido [mm]	Ação de Alerta	Ação de Intervenção	Ação de Imediata	

Figura 6.26: Excerto da FICHA D, NivLE

Após definir a classe da via em microanálise deverão ser encontradas as tolerâncias de cada parâmetro geométrico segundo as tabelas da IT.VIA.018, REFER, de acordo com cada ação de manutenção (ação de alerta; ação de intervenção; ação imediata).

De acordo com a informação recolhida pela EM120 sobre a localização e valores das anomalias (em mm) detetadas, as restantes células estão programadas por forma a retribuir a cor “verde” ou “vermelha” respeitando as tolerâncias definidas. Na Figura 6.27 validam-se os dados até aos 2,00m de registos. No entanto como já referido anteriormente, esta análise deve ser cumprida em trechos de 100m.

NivLE - Nivelamento Longitudinal Esquerdo;		An. -	Sim	An. - anomalia; Cód. - Código	
km,inicial	111 + 100	Extensão (m)	100	Classe de Via	
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 2px;"> Tolerâncias [mm] </div>					
		± 16	± 19	± 26	
Localização [m]	Valor medido [mm]	Ação de Alerta	Ação de Intervenção	Ação de Imediata	
0,25	16,00				
0,50	-27,00				
0,75	10,00				
1,00	28,00				
1,25	21,00				
1,50	-18,00				
1,75	-13,00				
2,00	15,00				

Figura 6.27: Exemplo de preenchimento da FICHA D – NivLE

Tornando mais perceptível toda esta análise e tornando-a visual, deverá ser reproduzida num gráfico, juntamente com o esquema da via (Figura 6.28), com a informação da localização e valor das

irregularidades ao longo dos trechos de 100m. A Figura 6.29 reúne os registos dos valores do NivLE ao longo de 10m, respeitando o intervalo de registo de 0,25m, referindo novamente que este resulta de valores não reais, funcionando apenas como exemplo.

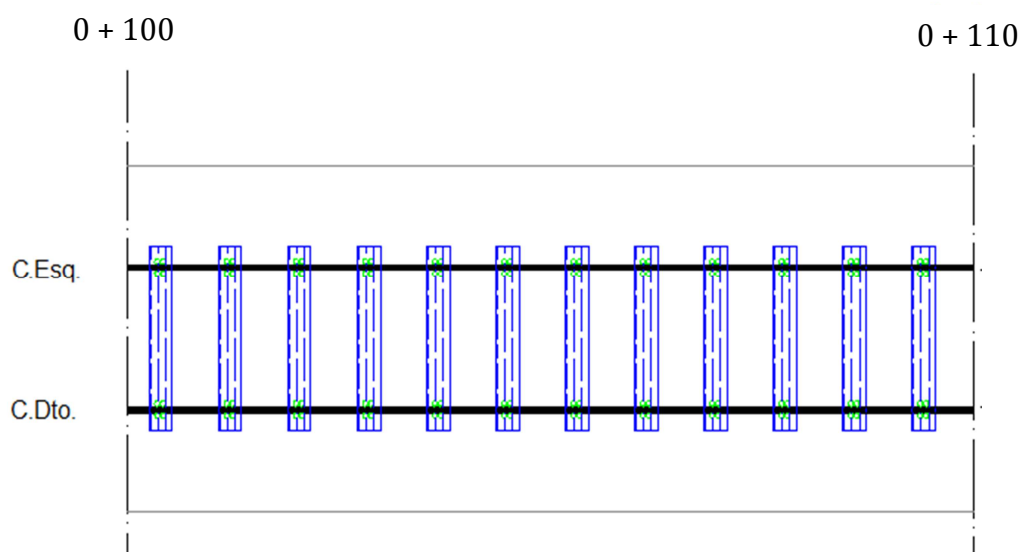


Figura 6.28: Esquema representativo da via-férrea balastrada

Aquando do tratamento dos resultados obtidos pela FICHA D é possível, a nível gráfico, entender e localizar intuitivamente onde as tolerâncias estabelecidas pela IT.VIA.018, REFER, são ultrapassadas. Na Figura 6.29, identificam-se as seguintes tolerâncias: de Ação Imediata pela reta horizontal “vermelha”; de Intervenção pela reta horizontal “Amarela”; de Alerta pela reta horizontal “verde”.

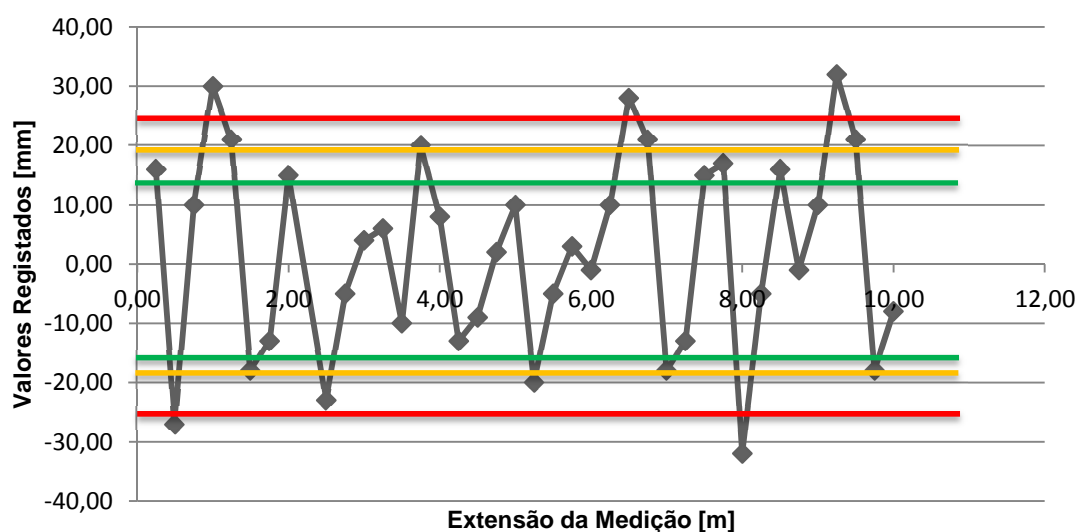


Figura 6.29: Exemplo de registo dos valores de NivLE ao longo de 10m

Como último passo desta microanálise, é necessária a recolha de todos os resultados e informação das presentes Fichas de Inspeção, verificar quais as verbas, a mão-de-obra técnica disponível e deverá ser tomada a decisão, que beneficie o máximo de intervenientes nas ações de manutenção e renovação das vias-férreas.

Com o intuito de elucidar e reforçar as vantagens de uma análise cuidada dos dados obtidos aquando das inspeções, são apresentados gráficos que demonstram a evolução dos Índices de Qualidade Geométrica – TQI, de trechos de via com 200m, de campanhas de inspeção anuais realizadas de 2007 a 2012, pela EM120. Relembra-se que de acordo com os TQI da IT.VIA.018, REFER, quanto maior o seu valor, pior a qualidade da via, tal como se verifica no Quadro 3.5.

O gráfico representado na Figura 6.30 diz respeito à análise de uma via de classe IV ($80\text{km/h} < v < 120\text{km/h}$) com extensão de 5km e que ao longo da sua vida útil não sofreu ações de renovação de via (T1). Verifica-se, tal como esperado, que o estado de degradação da via aumenta ao longo da sua vida útil.

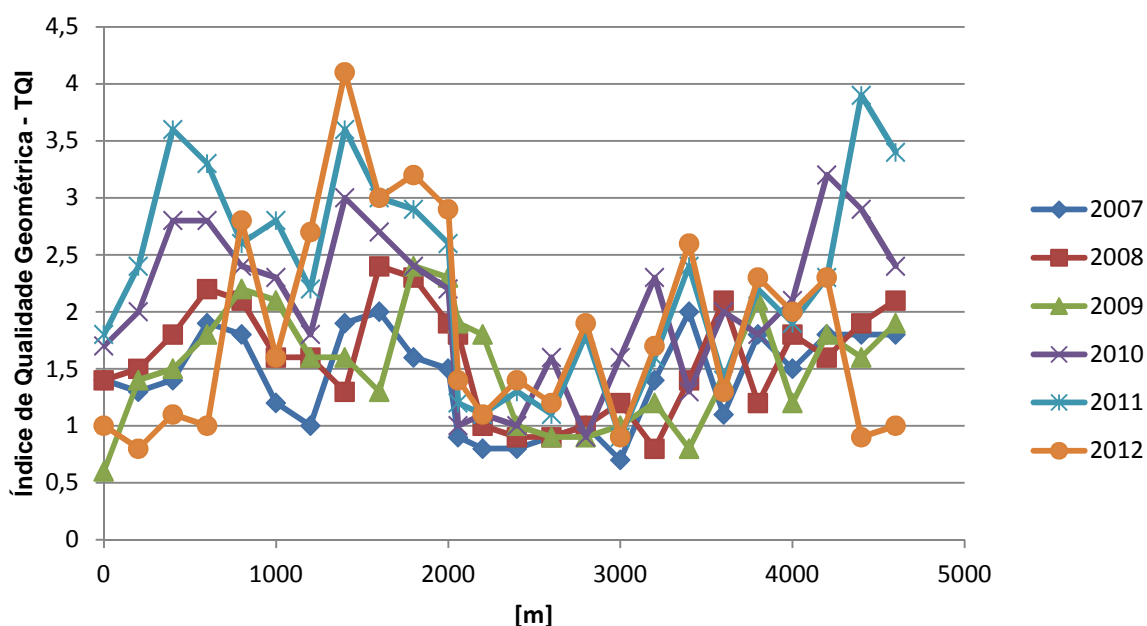


Figura 6.30: TQI – via T1

Na Figura 6.31 encontra-se representada a evolução dos índices de qualidade geométrica de uma via de classe V ($40\text{km/h} < v < 80\text{km/h}$) com extensão de 5km e que sofreu uma renovação integral (T2). Percebe-se pela discrepância dos valores, que o objetivo da renovação foi cumprido, uma vez que os valores de TQI depois da renovação diminuíram, distinguindo-se um antes e um depois da renovação realizada em 2009.

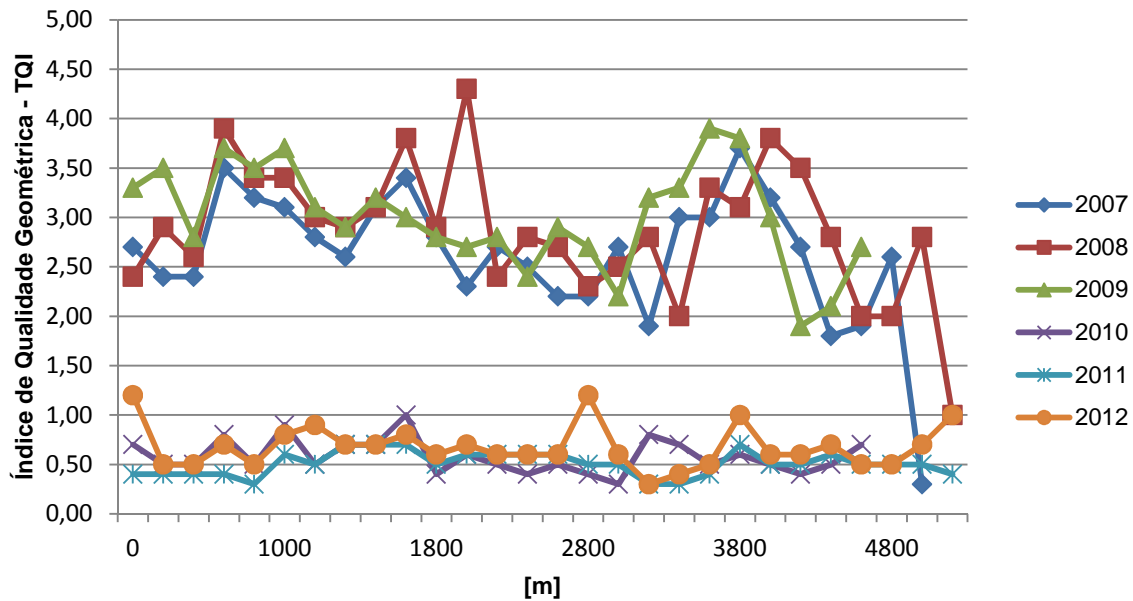


Figura 6.31: TQI – via T2

Recentemente, com a aquisição do equipamento Radar de Prospeção (GPR) foi adquirido pela REFER, um *software* de gestão da informação, tipo base de dados. Este *software* (Railwaydoctor) permite a integração de informação adicional. Assim, os dados das fichas de inspeção desenvolvidos no âmbito deste trabalho, serão fáceis de adaptar e de integrar futuramente neste *software*.

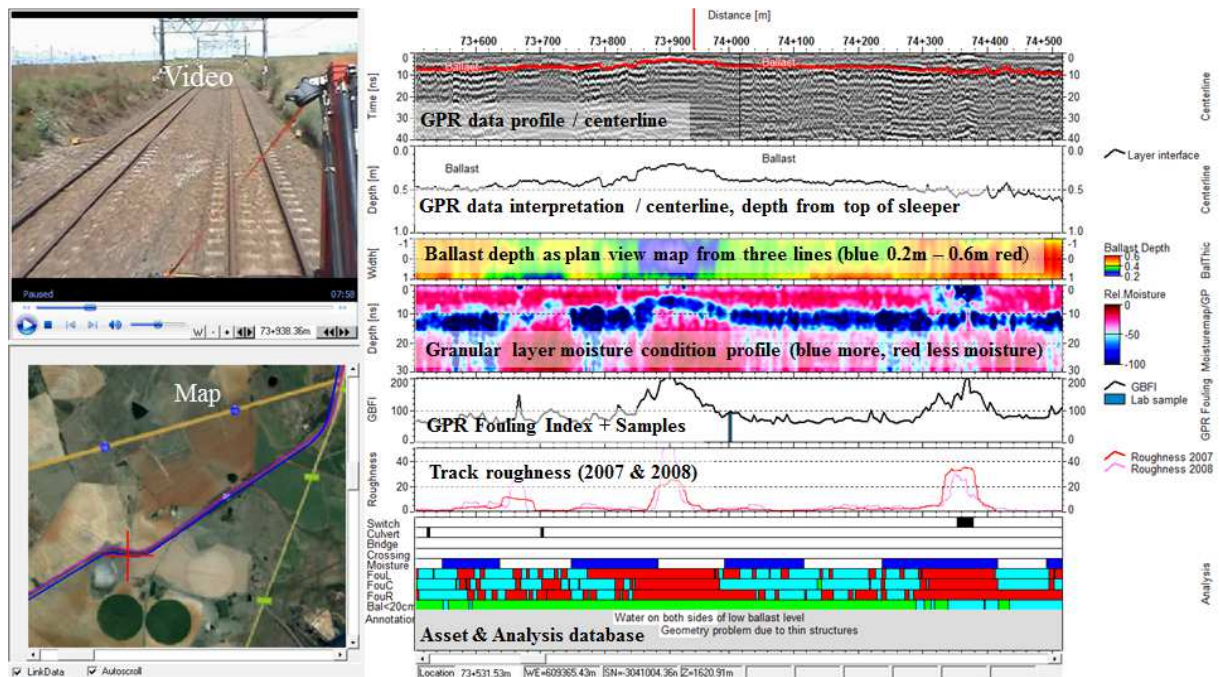


Figura 6.32: Exemplo de visualização de informação integrada de uma zona da via-ferrea
[Roadscanners, 2012]

6.4 Considerações Finais

A criação de uma base de dados realista e coerente, com a máxima informação sobre a rede nacional ferroviária, recorrendo à aplicação das Fichas de Inspeção Visual abordadas, apoia a política de manutenção preventiva, uma vez que se torna possível prever a evolução da degradação da via-férrea, refutando e evitando a aplicação da manutenção corretiva e consequentemente, promover uma melhor gestão dos custos que lhes estão inerentes.

Outro aspeto positivo, que advém da aplicação das FIV em causa, passa por se tornar possível reduzir ou reprogramar a monitorização das vias.

Porém, não é de todo objetivo das FIV desenvolvidas substituir ou tornar dispensáveis os equipamentos de Inspeção automáticos. A aplicação destas FIV deverão ser vistas como um sistema de apoio às Inspeções Visuais e uma forma de racionalizar os gastos de manutenção das vias férreas, uma vez que nos encontramos numa sensível era económica.

Capítulo 7

Conclusões e Desenvolvimentos Futuros

7.1 Conclusões Gerais

As atuais exigências, relacionadas com a alta velocidade de circulação e a necessidade de transporte de cargas elevadas, associadas ao facto de muitas das linhas férreas terem sido construídas há muitos anos, tendo por base critérios de exigência atuais, têm levado as diferentes administrações a promover a modernização das mesmas.

Neste contexto, merecem particular destaque os aspetos relacionados com as campanhas de inspeção e de reabilitação da infraestrutura ferroviária. Perante as observações de vários autores, referenciados ao longo deste estudo, torna-se notória a importância da prevenção.

O conceito de vida útil da via está diretamente relacionado com o desgaste, as deformações e fadiga mecânica a que aquela está sujeita. Portanto, um diagnóstico, em tempo útil, possibilita ao Operador de Transportes um conhecimento mais aprofundado da evolução do estado da via, permitindo intervir de uma forma ligeira, para efetuar pequenas correções, evitando desta forma que as anomalias tomem proporções tais que a solução passe obrigatoriamente pela substituição total.

Atualmente, o fator económico associado à exploração das linhas de ferroviárias tem tomado gigantesca importância. Levando as diferentes administrações europeias a alertar para a necessidade da redução significativa do custo global do transporte ferroviário, onde se incluem os custos dos trabalhos de conservação, de reabilitação, de renovação e de exploração.

Como forma de viabilizar economicamente a atividade do transporte ferroviário, deverá procurar-se minimizar as intervenções de reabilitação da via a realizar após a entrada em serviço e apostar nas campanhas de inspeção visual e/ou monitorização, como forma de prevenção das ações de reabilitação.

7.2 Desenvolvimentos Futuros

A modernização de linhas férreas deverá continuar a contribuir para um profundo conhecimento do comportamento da via, dos materiais que constituem os diversos componentes, dos processos construtivos e dos métodos de avaliação do desempenho, pois todo este conhecimento constitui um elemento chave na obtenção de soluções melhores.

Os Veículos de Inspeção de Via (VIV) e os Equipamentos de Avaliação da Condição da Via são técnicas com enorme potencial, pelo que se deve continuar a estimular não só a formação de técnicos habilitados, como também a aposta deverá passar pela aquisição de equipamento por parte das entidades envolvidas na conceção, construção e manutenção das infraestruturas. Seria igualmente interessante que as próprias instituições de ensino funcionassem como divulgadoras e formadoras de técnicos.

Quanto à caracterização da qualidade geométrica de vias ferroviárias, há necessidade ainda da criação de ferramentas não só para tratamento e análise de registos da geometria de vias ferroviárias, medidos em campanhas de inspeção, como também para previsão da evolução da qualidade geométrica das vias. Neste contexto, será interessante promover a criação de índices de estado de vias ferroviárias já analisadas, para uso em posteriores trabalhos de reabilitação.

De forma a garantir ações mais preventivas que reativas nas vias-férreas, assegurando um elevado nível de qualidade e de serviço dever-se-á atribuir elevada importância às campanhas de inspeção visual.

Neste sentido, um dos principais objetivos de desenvolvimentos futuros deverá passar pela construção de uma base de dados, que integre a informação detalhada do estado de degradação de cada elemento da via (carris, travessas, sistemas de apoio, fixações, talas de junção, balastro, camadas de apoio, sistema de drenagem, efeitos da velocidade, etc.) recorrendo a modelos de georreferenciação (GPS).

Tendo em conta a necessidade, cada vez mais, de acompanhar a evolução das novas tecnologias um importante passo na evolução da FIV desenvolvida nesta dissertação, e para o apoio às inspeções ferroviárias, poderá passar pela criação de uma aplicação informática para *tablets*. Esta aplicação deverá permitir o registo fotográfico e de filme *in situ*, fornecendo em simultâneo as coordenadas geográficas de cada anomalia. Esta aplicação deverá permitir também que a entidade responsável pela inspeção consiga, *in situ*, organizar os registos por códigos e enviá-los diretamente para a base de dados.

Assim, pretende-se dotar os operadores ferroviários de um instrumento de apoio à decisão no que respeita à manutenção e reabilitação, e que a intervenção seja no momento certo e no segmento correto, de forma a contribuir para a satisfação dos utilizadores e promovendo o crescimento da procura deste meio de transporte, tanto para passageiros como para mercadorias.

De forma a organizar todo o sistema de gestão ferroviária, interessa que para além da veracidade e do rigor da informação recolhida aquando das campanhas de inspeção, haja uniformidade no resultado das observações. Para tal, será importante a criação e atualização de documentos de referência, que possam ser utilizados por todos os intervenientes no processo de gestão da rede.

Referências Bibliográficas

[Antunes, 1993] Antunes, M. (1993). Avaliação da capacidade de carga de pavimentos utilizando ensaios dinâmicos. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico.

[Aribau, 2004] Aribau, Sergi Gimeno (2004). *“Una Nueva Problemática: La renovación de líneas en Alta Velocidad”*. Tesina Final de Carrera, España.

[Babenko, 2006] Babenko, Pavel (2006) *“Visual inspection of railroad tracks”*. M.S.University of Central Florida, Orlando.

[Baldeiras, 2008] Baldeiras, M. (2008) – Monitorização da Infraestruturas ferroviária – Curso de formação em Engenharia Ferroviária FUNDEC, Lisboa, 2008

[Bastos, 1999] Bastos, P.S. (1999). *“Análise Experimental de dormentes de Concreto Protendido Reforçados com Fibras de Aço”*. Tese de Doutoramento, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.

[Berggren, 2009] Berggren, E. (2009) – *Railway track Stiffness – Dynamic Measurements and Evaluation for Efficient Maintenance*. Tese submetida para obtenção do grau de Doutor. Royal Institute of Technology (KTH).

[Birmann, 1968] Birmann F. (1968). *Solution théorique et expérimentale de problèmes pour voies pour grandes vitesses spécialement en ce qui concerne le trace des courbes et des raccords, les tolérances d'établissement et d'entretien et la stabilité dynamique. Conséquences pour la construction des voies et des aiguillages. Bulletin mensuel de l'Association International du Congrès des Chemins de Fer, Vol. XLV, No. 5, pp. 493-563.*

[Burrow, 2007] Burrow, M.P.N.; Chan, A.H.C.; Shein, A. (2007a) – *Deflectometer – Based Analysis of Ballasted Railway Tracks*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Geotechnical Engineering 160, Issue GE3, pp. 169-177.

[ETI, 2008] ETI (2008). Especificação Técnica Interoperabilidade para o Subsistema Infraestrutura do Sistema Ferroviário Transeuropeu de Alta Velocidade - 2008/217/CE. Jornal Oficial da União Europeia.

[Esveld, 2001] Esveld, C. (2001). *Modern Railway Track*. MRT-Productions, 2nd Edition. Netherlands.

[Fernandes, 2011] Fernandes, J. (2011). Dissertação de Mestrado. Modelação do comportamento mecânico de vias-férreas. Universidade Nova de Lisboa, FCT.

[Fontul, 2004] Fontul, S. (2004). *Structural evaluation of flexible pavements using non-destructive tests*. Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

[Fontul, 2010] Fontul, S. (2010). Slides das aulas da disciplina Infraestruturas ferroviárias e portuárias. Faculdade Ciências e Tecnologia - UNL.

[Fontul et al., 2012a] Fontul, S., Fortunato, E., Paixão, A. & De Chiara, F. (2012). *“Non-destructive tests for evaluation of railway platform. Application of Ground Penetrating Radar”*. Railways 2012, the First International Conference on Railways Technology: Research, Development and Maintenance, 18-20 April 2012, Las Palmas de Gran Canaria, Spain.

[Fontul et al 2012b] Fontul, S., Govind, K., De Chiara, F., Fortunato, E. (2012). *“FWD application to railway track-bed layers characterization”*, The 2nd International Conference on Road and Rail Infrastructure, 7-9 May 2012, Dubrovnik, Croatia.

[Fortunato, 2005] Fortunato, E. (2005). Tese de Doutoramento. Renovação de Plataformas Ferroviárias, Estudos relativos à Capacidade de carga. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.

[Fortunato e Fontul, 2012] - Ligação Ferroviária Moatize-Nacala. Reabilitação da linha existente. Estudos experimentais - ”, Procº. 0704/01/18407, Relatório 257/2012 - DT, Lisboa: LNEC.

[Govind., 2010] Govind, K. (2010): Caracterização estrutural de infraestruturas de transportes através de métodos de auscultação não destrutivos, Dissertação de Mestrado, ISEL, Lisboa 2010.

[Henrique, 2006] Henrique, C. (2006). *“Manutenção da Via Permanente com Foco na Produção”*. Monografia, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

[High speed, 2008] The IRIS 320 *High speed Measurement Train set*, 6th World Congress on High speed Rail, Março 2008. Amesterdão.

[IT.GEO.006, 2007] IT.GEO.006 (2007). Características técnicas do sub-balastro. Rede Ferroviária Nacional - REFER, EP.

[IT.VIA.002, 2003] IT.VIA.002 (2003). Bitolas de Via Larga. Sobrelarguras e Tolerâncias. Rede Ferroviária Nacional – REFER, EP.

[IT.VIA.018, 2009] IT.VIA.018 (2009). Tolerâncias dos Parâmetros Geométricos da Via. Rede Ferroviária Nacional – REFER, EP.

[Leal,2008] Leal, D. (2008). Dissertação de Mestrado. Gestão da Conservação em Vias-Férreas. Faculdade de Ciências e Tecnologia de Coimbra.

[Lima, 1998] Lima, H.A. (1998). “Procedimentos para a Seleção de Método para a Manutenção da Geometria da Superestrutura Ferroviária”. IME, Rio de Janeiro.

[Macedo, 2009] Macêdo, Fernanda Bittencourt (2009) “Estudo do desgaste de trilhos ferroviários”, Monografia submetida à coordenação de curso de engenharia de produção da universidade federal de Juiz de Fora.

[NP-EN134581-2, 2009] NP-EN134581-2 (2009) “Aplicações Ferroviárias. Via – Requisitos de desempenho para sistemas de fixação. Parte 2: sistemas de fixação para travessas de betão”. EN13481. Instituto Português da Qualidade.

[Paixão e Fortunato, 2009] Paixão, A. e Fortunato, E. (2009). ITC informação científica. Transportes – ITC XX. Novas Soluções de Superestrutura de Via para a alta velocidade, Comparação com a via balastrada tradicional. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

[Pedrosa, 2009] Pedrosa, M. (2009). Dissertação de Mestrado. Caracterização da Fundação de Infraestruturas de Transporte com Recurso ao Georadar. Identificação das Camadas de Apoio. Departamento de Engenharia Civil - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

[Picado, 2007] Santos, L.G. Picado, Disciplina de Transporte Ferroviário, Elementos do Traçado Geral Composição da Infraestrutura e Orientações para o seu Dimensionamento. DEC, FCTUC, Coimbra.

[Pita, 2006] Pita, A. L. (2006). *Infraestructuras Ferroviarias. Edicions UPC, España.*

[Profillidis, 1995] Profillidis, V. A. (1995). *Railway engineering. Ashgate, England.*

[Profillidis, 2006] Profillidis, V.A. (2006). *“Railway Management and Engineering”. 3rd Edition. Ashgate Publishing.*

[PROTUSEC, 2012] *Protusec, Projectos y Suministros Técnicos Integrales, Equipo de medición continua de desgaste ondulatorio. Madrid, España.*

[RCCTE – Anexo III] Anexo III (2006): Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios. Coleção de Regulamentos 1, Porto Editora.

[REFER, 2001] REFER, VIV02 (EM 120) - Veículo de inspeção de via Descrição dos sistemas de medição. Diagnóstico e Qualidade da Via, Novembro 2001.

[REIE, 2007] *Rail Engineering International Edition 2007 Number 4, Railway track optimisation by efficient track maintenance machinery and strategies. Dr. Bernhard W. Lichtberger, Head of Research & Testing Department, Plasser & Theurer, Linz, Austria.*

[Ribeiro, 2007] Ribeiro, Luís F.V. (2007). Análise de custos ao longo do ciclo de vida de pontes ferroviárias. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade do Minho.

[Rivier, 2002] Rivier, R. (2002). “*Gestion de la Maintenance des Infrastructures de Transport - Système de Gestion Intégré de La Maintenance des Voies Ferrées*”. Document n.º 401/20, Laboratoire d’Intermodalité des Transports et de Planification, École Polytechnique Fédéral de Lausanne.

[Rivier, 2005] Rivier, R. (2005). “*Gestion de la Maintenance des Infrastructures de Transport – Gestion de la Maintenance des Voies Ferrés*”. Document n.º 401/16, Laboratoire d’Intermodalité des Transports et de Planification, École Polytechnique Fédéral de Lausanne.

[Simões, 2008] Gonçalo M. P. Simões (2008). *RAMS analysis of railway track infrastructure*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico.

[Teixeira, IST] Paulo F. Teixeira. *Curso de Especialização em Alta Velocidade Ferroviária, Bloco 3: Manutenção da Infraestrutura*. Instituto Superior Técnico.

[UIC-719R, 2008] UIC-719R (2008). *Earthworks and track bed for railway lines. Union Internationale des Chemins de Fer.*

[Vale, 2010] Vale, C. S. D. (2010). Tese de Doutoramento. Influência da qualidade dos sistemas ferroviários no comportamento dinâmico e no planeamento da manutenção preventiva de vias de alta velocidade. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.

Referências *World Wide Web*

Flickr@ (2012). www.flickr.com. Tema: Travessas em madeira. (página consultada em Junho 2012).

REFER@ (2012). <http://www.refer.pt/>. Rede Ferroviária Nacional, E.P. (página internet oficial).

Roadscanners@ (2012) <http://www.roadscanners.com/index.php/software-2/railway-doctor> (página internet oficial).

RT@(2012) <http://www.railway-technology.com/>. Railway-Technology. (página internet oficial).

PR@(2012) <http://www.progressiverailroading.com/>. Progressive Railroading. (página consultada em Agosto 2012).

Greenwood@ (2012) <http://www.greenwood.dk> . Greenwood Engineering. (página consultada em Abril 2012).

Slideshare@ (2012) <http://www.slideshare.net/jmcreis/linha-do-tua-presentation>. Defeitos dos carris na linha do Tua.

Anexo A

Léxico/Glossário

As definições apresentadas por ordem alfabética neste léxico visam promover a fluência da leitura. A informação aqui presente teve por base conteúdos provenientes do léxico da REFER, assim como de outras fontes de pesquisa, incluindo dicionários *online*.

A

Abrasão - Perda de material (desgaste) por atrito entre dois elementos, tais como a roda e o carril, ou o fio de contacto e o pantógrafo.

Absorvente de ruído - Elemento construtivo destinado a reduzir a energia vibratória da roda, por exemplo por combinação metal/borracha, a fim de diminuir o nível de ruído irradiado.

Ação estática - Efeito de uma ou mais cargas que não estejam em movimento.

Ações sobre a superestrutura - Forças estáticas e dinâmicas que se exercem sobre a superestrutura da via, incluindo as fixações dos carris (material miúdo) e o balastro (leito de balastro). Estas forças, que são provenientes dos veículos em movimento, devem ser transmitidas o mais uniformemente possível à infraestrutura da via.

Aceleração limite - Valor da aceleração máxima admissível por questões de conforto, de segurança da carga transportada ou de segurança da circulação (velocidade de passagem à via desviada).

Aderência - Fenómeno que indica em que medida a ação de atrito entre roda e carril pode ser utilizada por um veículo para tração ou frenagem.

Agulha - Aparelho de via constituído por carris, lanças e outras peças mecânicas, que se destina a assegurar a ligação tangencial de duas vias, permitindo a circulação dos comboios quer numa quer noutra via.

Alma do carril - Elemento vertical do carril, ligando a cabeça à patilha.

Alta velocidade - Velocidade a partir de 220km/h.

Aparelho de mudança de via - Abreviadamente designado por AMV, é o dispositivo que se usa para fazer passar o material circulante, tangencialmente, de uma linha para outra, assegurando a continuidade da via para um determinado caminho. Os AMV são identificados, para além do seu tipo, pelo valor da tangente do ângulo de abertura entre a via direta e a via desviada, a que corresponde também o ângulo da cróssima. É costume designar um AMV por Agulha.

Aperto da bitola - Redução da distância entre carris.

Aplainamento - é uma operação que utiliza uma plaina, equipamento que corta o material usando uma ferramenta de corte com movimentos alternativos. A sua principal função é remover irregularidades de uma superfície plana.

Armamento da via - Conjunto dos carris, travessas e respetivas fixações.

Arregaçar o balastro - Desguarnecer, de balastro, todo o vão ou apenas meio vão de um ou dos dois lados de uma travessa, 5 cm abaixo do calo da travessa, a fim de permitir a sua substituição.

Assentamento da via - Instalação da superestrutura da via (balastro, travessa e carris).

Atacadeira - Máquina que ataca o balastro, através de compressão intensa pela ação dos "*pioches*". Estes dispositivos, estando sujeitos a movimentos combinados de vibração e aperto, eliminam os vazios existentes no balastro, aumentando a superfície de atrito e pondo-o em estreito contacto com as faces inferiores das travessas.

Atacar - Operação que consiste na consolidação do balastro, através da sua compressão intensa. Para isso, são usados dispositivos que, estando sujeitos a movimentos combinados de vibração e aperto, eliminam os vazios existentes no balastro, aumentando a superfície de atrito e pondo-o em estreito contacto com as faces inferiores das travessas

Ataque - Ação de atacar as travessas.

Auscultação ultrassónica - Análise ao estado interior do carril, com recurso a ultrassons, a fim de detectar defeitos de fabrico ou alterações da estrutura molecular devido a altas temperaturas provocadas pela patinagem dos rodados. Esta auscultação é também efetuada nas soldaduras dos carris.

B

Balastragem - Ação de equipar uma via-férrea com balastro.

Balastro - Leito de brita subjacente à linha e que assenta diretamente na plataforma. Material de granulometria selecionada destinado a suportar e encastrar as travessas, a distribuir as cargas transmitidas pelas travessas à plataforma, a conferir elasticidade à via e a facilitar a drenagem.

Banqueta da via - Faixa lateral do balastro da superestrutura de via, que se desenvolve longitudinalmente e com largura de cerca de 40 cm para um e outro lado das extremidades das travessas, encastrando-as e impedindo o seu deslocamento transversal.

Barra curta - Abreviadamente conhecida por BC, é uma porção de carril com um comprimento que conduza a dilatações absorvíveis por juntas aparafusadas: em regra, 36m.

Barra longa soldada - Abreviadamente designada por BLS é um carril soldado, com um comprimento indefinido, em que exista uma zona central, de extensão variável com o tipo de fixação às travessas, em que as tensões internas atingem o seu valor máximo e os movimentos estão impedidos.

Bitola - Também designada por largura da via, é a distância entre as faces interiores das cabeças dos carris de uma via simples, medida 15 mm (esta cota varia de país para país) abaixo da mesa de rolamento e em esquadria com os carris. A bitola dita normal é de 1 668 mm, praticada na Península Ibérica. A bitola europeia é de 1435 mm.

Bordo interior do carril - Extremidade da cabeça do carril que dá para o eixo da via.

Braçadeira - Utensílio que abraça a cabeça do carril para suporte do fio, quando é feita uma correção de alinhamento.

C

Cabeça do carril - Parte superior do carril, cuja face superior constitui a mesa de rolamento; está ligada à patilha através da alma.

Calço de carril - Elemento da fixação elástica da via, colocado aos pares por cada travessa de madeira, sob o carril. Basicamente é uma chapa de aço com formato, furações e entalhes apropriados para apoio e fixação da patilha do carril.

Camada de coroamento - Também designada por camada de forma, é constituída quando é necessário melhorar a capacidade de carga ao nível da plataforma de terraplenagem. Corresponde geralmente a materiais de melhor qualidade, nos aterros e ao melhoramento dos terrenos *"in situ"*, nas escavações. Localiza-se sob a camada de sub-balastro.

Camada de sub-balastro - Camada sobre a qual assenta o balastro, construída com o objetivo de assegurar o bom comportamento da via, do ponto de vista da manutenção da sua geometria. Esta camada contribui para a correta degradação das cargas e das vibrações transmitidas em profundidade, e para a evacuação das águas de circulação superficial, impedindo a contaminação do balastro e a erosão da plataforma de terraplenagem.

Capacidade de carga - Carga máxima que uma determinada linha pode suportar, normalmente caracterizada pelo binómio: carga concentrada (toneladas por eixo dos rodados) e carga uniformemente distribuída (toneladas por metro linear).

Carga pontual - Carga concentrada.

Carga por eixo - Parte do peso total de um veículo que se refere a um eixo e que se exprime por ton/eixo.

Carga rolante - Carga móvel.

Carril - Componente da superestrutura da via, que recebe as cargas do material circulante, guiando-o ao longo da linha férrea. É um perfil de aço laminado, em que podemos distinguir três partes principais: a cabeça, cuja face superior constitui a mesa de rolamento; a alma, parte vertical ligando a cabeça à patilha; a patilha, base inferior que assenta sobre as travessas, alargada e oferecendo resistência à alteração da inclinação transversal dos carris.

Catenária - Linha aérea formada por um ou mais fios de contacto e um ou mais condutores longitudinais que, suportando mecanicamente aqueles, têm também função de transporte de energia elétrica. Num sentido restrito, designa-se por catenária o conjunto formado por cabo suporte, fio de contacto e pêndulos. Consideram-se englobadas nesta designação as linhas aéreas constituídas apenas por fio de contacto.

Cintagem de travessas - Colocação de cintas de aço, à volta das cabeças das travessas a fim de fechar as fendas existentes na madeira e evitar o seu aparecimento, dando-lhes maior duração.

Clotoíde - Curva de transição entre o alinhamento reto de uma via-férrea e a curva circular.

Colmatagem do balastro – Refluimento de finos provenientes da plataforma da via-férrea, por deficiente impermeabilização.

Comboio de deservagem - Conjunto de viaturas apropriadas para a destruição da vegetação que se desenvolve na via-férrea e na vizinhança, através da aspersão de herbicida ao longo da linha, como forma de prevenção contra incêndios.

Comboio de renovação da via - Máquina montada sobre dois *bogies* em que o da frente circula na via velha e o de trás na via nova; entre eles são feitas as operações de levantamento das travessas velhas, corte e regularização da plataforma, colocação das travessas novas e troca dos carris velhos por barras novas que previamente tinham sido colocadas ao lado da via. Acoplados a esta máquina, estão vagões que trazem as travessas novas e transportam as velhas, após a substituição. Toda a composição circula com a via despregada. Segue-se uma desguarnecedora, o vagão de soldadura elétrica, vagões com balastro e atacadeira, conseguindo-se uma produção diária de 500 a 600 metros/dia.

Comboio esmerilador de carris - Comboio que realiza a esmerilagem preventiva e corretiva (desgaste ondulatório) com remoção de metal através de blocos abrasivos, arrefecimento e lavagem dos carris.

Compactadora - Máquina para estabilizar o balastro. Melhora o encastramento das travessas e aumenta a resistência lateral da via, conhecida também por Estabilizadora dinâmica da via.

Compactar o balastro - Estabilizar o balastro, melhorando o encastramento das travessas e aumentando a resistência lateral da via.

Compasso de travessas - Utensílio para medir a espessura das travessas de madeira.

Conservação da via - Conjunto de medidas necessárias à manutenção da via e à restituição das condições de circulação.

Contra carril da cróssima - Carril curto de guiamento, localizado nas zonas das cróssimas dos aparelhos de mudança de via e que se destina a proteger a ponta real das cróssimas.

Coração da cróssima - Peça central da cróssima, fundida ou de frações de carril.

Cróssima - Elemento de um AMV que permite a passagem dos rodados dos veículos no cruzamento de filas de carris, ao mesmo nível.

D

Defeito da geometria da via - Defeito da via traduzido por um desvio da posição da via em relação à sua posição teórica.

Defeito da via - Defeito da geometria da via ou de algum dos seus componentes, normalmente relacionado com uma descontinuidade de elasticidade da via.

Defeito de carril - Descontinuidade interna que pode acelerar a fadiga do carril ou alterações na sua natureza mecânica quando submetido à ação de cargas rolantes.

Defeito de fadiga - Defeito provocado no carril, quer internamente quer na sua superfície, pela fadiga.

Defeito de nivelamento – irregularidade no nivelamento da via atribuível, no sistema magnético de suspensão de via, a três fatores: (a) parâmetros de traçado; (b) deformação elástica da via originada pela circulação dos veículos (onda de deformação vertical) e (c) tolerâncias de construção, assentamentos, deformações térmicas e outros (flecha da via).

Deformação da via - Alteração da forma da via provocada muito especialmente por defeitos de alinhamento e nivelamento, em planta e em perfil, que podem ser provocados por grandes variações de temperatura. Esta deformação é conhecida pelo nome de garrote.

Depuração do balastro - Limpeza do balastro conspurcado.

Depuradora de balastro - Máquina que realiza a depuração do balastro.

Deservagem - Tratamento preventivo, realizado periodicamente com recurso a equipamento adequado para eliminar a vegetação daninha que prolifera no balastro e nos passeios da via.

Desgaste ondulatório - Desgaste apresentando um trajeto ondulado na mesa de rolamento do carril, o qual é bastante perturbador devido às vibrações introduzidas na superestrutura, além do desconforto resultante para os passageiros. Este desgaste avalia-se com uma "régua" portátil de medição e registo e elimina-se com a esmerilagem da cabeça do carril.

Desguarnecedora-depuradora - Máquina que, além de desguarnecer de balastro uma via, procede à sua depuração ou limpeza sempre que se considera que, apesar de sujo, a sua boa qualidade o justifica.

Deslizamento do carril - Deslocamento longitudinal de um carril sem lhe alterar transversalmente a posição.

Desmatação - Limpeza da vegetação que cresce lateralmente à via-férrea, no intuito de prevenir fogos nas épocas secas.

Desnivelamento da via – Defeito que resulta do abaixamento do apoio das travessas e que é medido com o auxílio de visor e mira.

Dispositivo de ripagem - Equipamento para deslocamentos laterais. Esta técnica, chamada de ripagem, é muito usada no caminho-de-ferro devido à necessidade de desobstruir rapidamente a via, uma vez terminada a operação realizada, por forma a disponibilizá-la às circulações.

Distância entre travessas - Também designada por espaçamento das travessas, é a distância medida entre os eixos das travessas. É usual uma distância de cerca de 60 cm, na via larga.

Drenagem - Escoamento das águas dos terrenos, obtido por meio de tubos, valas, fossos ou outros dispositivos adequados.

E

Eixo da via - Lugar geométrico dos pontos, no plano da via, equidistantes dos carris.

Elevação da via - Subida da rasante da via.

Empeno - Característica localizada da via, em que os dois carris apresentam, numa determinada extensão, inclinações longitudinais diferentes.

Empilhamento das travessas - Arrumação criteriosa de travessas, dando ao conjunto o formato de pilha.

Encastramento da via - Impedimento de deslocação das travessas de via, por envolvimento de balastro bem atacado.

Entrevias - Espaço compreendido entre duas vias paralelas adjacentes e que se mede entre linhas verticais que passam pelos bordos interiores das cabeças dos carris das filas mais próximas de cada uma das vias.

Equipamento de inspeção da via - Dispositivo destinado à deteção de anomalias na via-férrea.

Escala - Inclinação transversal da via em curva, a fim de reduzir a influência da força centrífuga. (a) No sistema roda/carril, a diferença de nível entre as mesas de rolamento dos dois carris (em curva, o carril exterior é sobrelevado em relação ao interior). (b) No caso do comboio de sustentação magnética TRANSRAPID, a rotação da viga de suporte e guiamento em torno do seu eixo longitudinal origina a escala da via. A inclinação transversal daí resultante é expressa em graus e pode atingir 12 graus.

Esmeriladora de carris - Máquina que realiza a esmerilagem preventiva e corretiva (desgaste ondulatório) com remoção de metal através de blocos abrasivos, arrefecimento e lavagem dos carris.

Esmerilagem dos carris - Ação que pode ser preventiva e corretiva (desgaste ondulatório) e que consiste na remoção de metal através de blocos abrasivos, arrefecimento e lavagem dos carris.

Estação - Numa perspectiva meramente comercial, é um local de paragem das circulações ferroviárias.

Estrutura da via - Uma via-férrea compõe-se de uma infraestrutura: plataforma e fundação, que se situa abaixo da superestrutura: carris, travessas, sistema de fixação e balastro ou betão.

Excesso de bitola - Aumento da bitola da via: pode ser intencional, no caso, por exemplo, de aparelhos de mudança de via ou de curvas em planta, destinando-se a limitar a força que o veículo

exerce sobre a via; ou resultar de defeito da via, como seja no caso do desgaste da face interior da cabeça do carril.

Excesso de escala - Diferença excessiva da altura entre o carril da fila interior (fila baixa) e o da fila exterior (fila alta), numa curva de via-férrea.

F

Fadiga do carril - Decréscimo gradual da robustez mecânica do material do carril sob a atuação repetida das cargas rolantes.

Fissura de carril - Toda a descontinuidade, visível ou não, em qualquer parte do carril, podendo evoluir ao longo do tempo a ponto de ocasionar uma rotura.

Fixação - Termo que se aplica ao aperto do carril à travessa.

Fixação elástica - Sistema de fixação dos carris às travessas através de chapins metálicos, garras e palmilhas de borracha canelada interpostas entre o carril e o chapim, o que conduz a um melhor comportamento da madeira das travessas.

Fixação rígida - Fixação dos carris às travessas de madeira, com utilização de parafusos designados por "*tirefonds*", cuja cabeça apresenta uma aba que aperta a patilha do carril contra a travessa.

Folga da junta do carril - Abertura da junta de carris.

Frenagem - é a utilização do sistema de freios para diminuir a velocidade do veículo ou pará-lo; Travagem.

G

Gabari ou gabarito - Secção transversal ao eixo da via, que define o máximo espaço da ocupação possível dos veículos (motores ou rebocados) quando circulam na via. Este espaço é mais amplo do que o que resulta das dimensões dos veículos porque considera as suas posições de inscrição na via.

Garrote - Deformação da via que consiste num desalinhamento no carril, quer transversalmente quer na vertical, resultante de uma subida de temperatura associada a um enfraquecimento da fixação da via.

Geossintéticos - Substância sintética, tecido ou não, com características de resistência e de drenagem, para aplicação em plataformas de vias férreas.

Grade de cróssima - Também chamada Cruzamento da cróssima, é a parte da mudança da via onde se faz o cruzamento das filas dos carris.

Guiamento - Conjunto de funções que visam manter os veículos dentro do gabari de obstáculos.

I

Infraestrutura - Conjunto definido pelas camadas localizadas sob o balastro, aterros e taludes de escavação, sistemas de drenagem superficial e profunda e onde se incluem as obras de arte destinadas a suportar a via.

Insuficiência de escala - Diferença entre a escala real e a escala teórica que eliminaria integralmente o efeito da força centrífuga correspondente à velocidade máxima. A insuficiência de escala pode ser necessária no caso dos aparelhos de mudança de via, ou para evitar um excesso de escala no caso dos comboios lentos (por exemplo alguns comboios de mercadorias).

J

Jalão de bola - Utensílio, composto de uma haste com uma esfera na extremidade, usado para detectar as travessas dançantes, que o operador transporta caminhando pela via e deixa cair sobre elas, distinguindo pelo som produzido quais as que estão deficientemente apoiadas. Este utensílio, originariamente metálico, haste e bola, com o uso das travessas de betão e para não as deteriorar, passou a incluir um revestimento da bola com borracha.

Junta - União de carris.

Junta soldada - Ligação por soldadura realizada entre os topos dos carris, por dois processos distintos: soldadura aluminotérmica e soldadura elétrica. Utilizado nas vias soldadas (BLS).

L

Lacete - Ação lateral exercida sobre a via pelos rodados do comboio e materializada, para efeitos de cálculo, por uma força atuando em direção transversal ao eixo da via e ao nível da cabeça do carril.

Lacuna – parte integrante de um AMV, a lacuna é a zona da cróssima onde falta o guiamento do rodado.

Laje de via - Laje de betão armado (e geralmente pré-esforçado), contínua ou em quadros sucessivos, que é equipada para receber fixações de carril convencionais (superestrutura sem travessas e sem balastro).

Laserail - Aparelho que regista o perfil do carril, através de um pantógrafo, permitindo verificar o esmagamento e os desgastes laterais.

Linha de alta velocidade - Linha férrea preparada para ser percorrida por comboios a velocidades iguais ou superiores a 220 Km/h.

Lubrificador de carril - Dispositivo de lubrificação do carril, ativado à passagem das circulações, que deposita a carga de lubrificante na zona do carril que entra em contacto com os rodados que, por sua vez, irão distribuindo o lubrificante ao longo do carril.

M

Manta de balastro - Tapete de borracha ou de material sintético, colocada entre o balastro e a plataforma da via, para baixar o nível de ruído propagado através da estrutura da via.

Manutenção corretiva definitiva - Manutenção corretiva efetuada com o objetivo de criar as condições de funcionamento contratualizadas.

Manutenção corretiva temporária - Manutenção corretiva efetuada com o objetivo de repor as condições mínimas de funcionamento da infraestrutura ferroviária em segurança.

Manutenção preventiva condicional - Manutenção preventiva efetuada na sequência da deteção (inspeção/leituras) de um estado não ideal de funcionamento de um determinado equipamento, mas que não afeta a exploração nem põe em causa as condições de segurança.

Manutenção preventiva sistemática - Manutenção preventiva efetuada periodicamente, independentemente do estado do equipamento.

Medição da via - Medição efetuada na geometria de via, por exemplo nivelamento, bitola e alinhamento, entre outros.

N

Natureza estocástica - tem origem em processos não determinísticos, com origem em eventos aleatórios.

Niveladora - Máquina que assegura, automaticamente, o nivelamento da via.

Nivelamento da via - Correção dos defeitos de nivelamento da via.

P

Palmilha - Placa de borracha, material compósito de borracha e granulado de cortiça, ou ainda de material sintético, para introduzir entre o carril e o chapim, entre o chapim e a travessa ou sob a travessa, com a finalidade de conseguir uma melhor suavidade de rolamento, além de baixar o nível de ruído.

Parâmetros de traçado - Valores limites da geometria do traçado da via (por exemplo raio de curvas em planta, escala ou inclinação de trainéis) que têm de ser respeitados na definição desse traçado.

Passagem de nível - Cruzamento de nível de via pública ou privada com as vias férreas. Também designada por Passagem Nivelada ou simplesmente PN.

Patilha do carril - Base do carril, que assenta na travessa.

Pendente - Troço de linha com inclinação favorável ao movimento.

Perfil do balastro - Representação da camada de balastro no sentido transversal, como se aquela fosse cortada por um plano vertical e perpendicular ao eixo da via.

Perfil do carril - Representação do carril em corte transversal.

Perfil longitudinal - Representação de uma via-férrea no sentido do comprimento, onde se distinguem os trainéis: patamares, quando horizontais e rampas e pendentes, quando inclinados.

Peso do carril por metro linear - Peso de 1 metro linear de carril. É esta grandeza que se utiliza para caracterizar um determinado tipo de carril. Por exemplo, carril de 60 é o tipo de carril que pesa 60 Kg/m.

Piquetagem da via - Cravação de estacas de referência no terreno, para definir a implantação da via.

Piano de rolamento - O mesmo que mesa de rolamento: superfície da face superior do carril que está em contacto com a superfície da face de guiamento do aro do rodado.

Putrescíveis - Adjetivo de caracterização de material; Suscetível de putrefazer; apodrecer; deteriorar.

Q

Quilómetro - Medida de comprimentos que vale mil metros, designada abreviadamente por km.

R

Raio de curva em planta - Parâmetro de traçado em planta, estabelecido em função da velocidade de circulação, da escala ou da inclinação transversal da via, da aceleração transversal admissível e do empeno de via admissível.

Rampa - Troço de linha com inclinação desfavorável ao movimento.

RAMS - RAMS (*Reliability, Availability, Maintainability e Safety*) é geralmente encarado como um conjunto de atividades que englobam diferentes áreas, que são, em última análise associada ao estudo da falha, manutenção e disponibilidade de sistemas.

Rasante - Representação em altura da posição da via: do corredor ferroviário, num estudo preliminar, do eixo da via, numa fase de projeto e nos carris, no caso de via existente.

Rebalastragem - Reguarneçamento do balastro da via.

Rede convencional - Rede percorrida geralmente por: i) comboios de passageiros com velocidade inferior ou igual a 200 km/h e carga máxima por eixo de 200 kN; ii) comboios de mercadorias com velocidade inferior ou igual a 100 km/h e carga máxima por eixo de 225 kN.

Rede suburbana - Infraestrutura de caminho-de-ferro suburbano.

Rede urbana - Rede de caminhos-de-ferro dentro de uma cidade.

Renovação da via - Designação do conjunto de trabalhos que tem por objetivos a substituição total ou parcial dos materiais da via, com ou sem ajustamentos do seu traçado.

A sua ciclicidade (20/30 anos) tem a ver com a degradação dos materiais e da plataforma, com o desenvolvimento de novas tecnologias e com as crescentes necessidades em termos de velocidade, intensidade de tráfego e conforto.

Renovação do balastro - Substituição total ou parcial do balastro de via.

Reperfilagem - Reconstituição do perfil da mesa de rolamento e do verdugo.

Resistência à fadiga - Resistência mecânica que um dado material, nomeadamente do carril, apresenta quando submetido a uma carga de longa duração (por exemplo 2 milhões de ciclos).

Resistência lateral da via - Resistência das travessas ao seu deslocamento lateral no seio do balastro. Deve ser tão grande quanto possível, para impedir que esforços térmicos nos carris ou esforços transmitidos pelos veículos possam provocar um deslocamento transversal da via. Esta resistência é aumentada, por exemplo, através da compactação do balastro, do alargamento da sua banqueta e da instalação de chapas de ancoragem de travessas.

Rigidez da via - Característica da via que depende da rigidez à flexão da viga de suporte e guiamento, no caso da via magnética, ou da elasticidade da plataforma da via, no caso de via assente em solo.

Ripagem - Deslocamento transversal da via, que pode ser provocado por determinados fenómenos, como por exemplo por um aumento exagerado da temperatura ambiente, que pode levar a garrote.

Rolar - O mesmo que circular (por exemplo, usa-se material rolante para designar o material circulante).

S

Sabotagem da travessa - Corte a fazer na madeira para dar aos carris a necessária inclinação transversal.

Saneamento da via - Operação de substituição da camada conspurcada da plataforma por material granular limpo ou por manta geossintética.

Sobrebitola - Aumento da bitola da via: pode ser intencional no caso, por exemplo, de aparelhos de mudança de via ou de curvas em planta, destinando-se a limitar a força que o veículo exerce sobre a via; ou resultar de defeito da via, como seja no caso do desgaste da face interior da cabeça do carril.

Sobrelevação - Inclinação transversal da via em curva, a fim de reduzir a influência da força centrífuga. (a) No sistema roda/carril, a diferença de nível entre as mesas de rolamento dos dois carris (em curva, o carril exterior é sobrelevado em relação ao interior). (b) No caso do comboio de sustentação magnética TRANSRAPID, a rotação da viga de suporte e guiamento em torno do seu eixo longitudinal origina a escala da via. A inclinação transversal daí resultante é expressa em graus e pode atingir 12 graus.

Sobrelargura - Aumento da bitola da via: pode ser intencional no caso, por exemplo, de aparelhos de mudança de via ou de curvas em planta, destinando-se a limitar a força que o veículo exerce sobre a via; ou resultar de defeito da via, como seja no caso do desgaste da face interior da cabeça do carril.

Superestrutura da via - Na via tradicional, é constituída por carris, travessas, balastro, dispositivos de ligação e de fixação. Em troços de via experimentais, os carris apoiados em palmilhas, são fixados sobre dados que apoiam em laje de betão (simples ou armado), construída sobre a plataforma e dispensando o balastro e as travessas.

Superestrutura de betão - Tipo especial de superestrutura de via executada em betão e destinada a funcionar sem balastro.

T

Tirafundo - Aportuguesamento do termo francês "*tirefond*". Parafuso especial para madeira, destinado a fixar o carril às travessas.

Tixotrópicos - materiais tixotrópicos estão associados ao fenómeno de tixotropia. Tixotropia é a designação dada para o fenómeno no qual um fluido muda a sua viscosidade, isto é, quando o material mostra forma estável em repouso e se torna fluido quando agitado.

Tolerâncias de nivelamento - Valores de defeitos que não devem ser excedidos; se forem, obrigam à execução de trabalhos para correção.

Tombo - Ligeira inclinação do eixo vertical do carril, para o interior da via, a fim de garantir uma perfeita adaptação da face superior da cabeça (mesa de rolamento) ao aro dos rodados dos veículos, compensando a elasticidade da alma que, sob o efeito das cargas, se deforma. Em Portugal, esta inclinação é de 1:20, nas vias renovadas e de 1:15 nas vias clássicas não renovadas.

Traçado - Conjunto das características geométricas, em planta e perfil, de uma via-férrea.

Travessa - Elemento situado transversalmente à via que faz a ligação entre o carril e o balastro. A roda atua sobre o carril, transmitindo-lhes tensões elevadas, a travessa recebe essas tensões e transmite-as, degradadas, à camada de balastro de tal forma que elas sejam compatíveis com a sua capacidade de resistência e de deformação. As travessas desempenham a função de garantir, em conjunto com as fixações, a distância entre os carris (bitola da via).

Travessa dançante - Defeito que resulta da existência de espaços vazios entre o calo da travessa (apoio) e a sua base. Este defeito é localizado pelo som característico produzido pela pancada dada com o "jalão de bola" na cabeça da travessa a cerca de 10 cm do carril.

Travessa monobloco - Travessa de via de uma só peça, fabricada em betão pré-esforçado. A compressão aplicada no pré-esforço é suficientemente elevada para que a travessa nunca sofra trações por virtude das cargas a que é suposto vir a ser submetida. Tem um peso 50% superior ao da travessa bibloco.

V

VA - Designação abreviada de via ascendente, em que os comboios circulam da origem para o fim da linha. Assim, quilometragem, sinais, aparelhos de via, catenária apresentam numeração crescente no sentido da circulação.

VD - Designação abreviada de via descendente, em que os comboios circulam do fim para a origem da linha. Assim, quilometragem, sinais, aparelhos de via, catenária apresentam numeração decrescente no sentido da circulação.

Via balastrada - Via em que as travessas assentam na plataforma com interposição de balastro.

Via de betão - Designação de uma via cuja infraestrutura é de betão.

Anexo B

FIV – Ficha de Inspeção Visual

- FICHA A – Identificação e Características Gerais da Via;
- FICHA B – Obras de Beneficiação;
- FICHA C – Registo e Avaliação de Anomalias e suas Causas;
 - Esquema Representativo da Via Balastrada;
- FICHA D – Avaliação e Registo de Anomalias - EM120;
 - Registo Real de Parâmetro Geométricos pela EM120;

LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PATOLOGIA EM VIA FÉRREA BALASTRADA										FICHA A	
IDENTIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS DA VIA											
1. Dados gerais											
Ficha nº:		<input type="text"/>								FOTO - vista geral	
Data:		<input type="text"/>									
1.1 Distrito:		<input type="text"/>									
1.2 Concelho:		<input type="text"/>									
1.3 Linha:		<input type="text"/>									
1.4 Quilometragem:											
km, inicial		<input type="text"/>		km, final		<input type="text"/>					
1.5 Ano de Construção:		<input type="text"/>									
1.6 Última Renovação Integral da Via:		<input type="text"/>									
1.7 Proc. Nº:		<input type="text"/>									
2. Local de implantação											
2.1 Meio não urbano		<input type="text" value="-"/>		2.2 Meio urbano		<input type="text" value="-"/>					
2.3 Zona climática [RCCTE, Anexo III]				<input type="text" value="-"/>		<input type="text" value="-"/>					
3. Tipologia de Via											
3.1 Via única (VU)		<input type="text" value="-"/>		3.2 Via Dupla		<input type="text" value="-"/>					
4. Tipologia de Linha											
4.1 Via Electrificada		<input type="text" value="-"/>		4.2 Tipo de tráfego		<input type="text" value="-"/>		4.3 Estação		<input type="text" value="-"/>	
4.4 Nº de Comboios		<input type="text"/>									
4.5 Velocidade [km/h]		<input type="text"/>		Restrições		<input type="text" value="-"/>		km,inicial		km,final	
Projeto		<input type="text"/>						<input type="text"/>		<input type="text"/>	
4.6 Carga/eixo		<input type="text"/>				<input type="text" value="-"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Projeto		<input type="text"/>						<input type="text"/>		<input type="text"/>	
5. Elementos de Traçado											
5.1 Tipologia do traçado											
Curvo		<input type="text" value="-"/>		Reto		<input type="text" value="-"/>					
5.2 Pontes											
km,inicial		<input type="text"/>		km,final		<input type="text"/>					
5.3 Estação											
km,inicial		<input type="text"/>		km,final		<input type="text"/>					
6. Tipologia da estrutura transversal da via											
6.1 Espessura total [m]		<input type="text"/>		6.2 Nº de Camadas		<input type="text"/>		6.3 Materiais/Camada		<input type="text"/>	
6.4 Fundação		<input type="text" value="-"/>		6.5 Sub-balastro		<input type="text" value="-"/>					
6.6 Via balastrada		<input type="text" value="-"/>		6.7 Via em laje		<input type="text" value="-"/>		6.8 Via mista		<input type="text" value="-"/>	
6.9 Geotextil		<input type="text" value="-"/>		Localização/camada		<input type="text"/>					
6.10 Geogrelhas		<input type="text" value="-"/>		Localização/camada		<input type="text"/>					

LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PATOLOGIA EM VIA FÉRREA BALASTRADA					FICHA A	
IDENTIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS DA VIA						
7. Elementos de Via						
7.1 Carril		<input type="text" value="-"/>	7.2 Travessa		<input type="text" value="-"/>	Referência Travessa <input type="text"/>
7. 3 Fixações		<input type="text" value="-"/>	<input type="text" value="-"/>			
7.4 AMV		<input type="text" value="-"/>	7.5 Drenagem		<input type="text" value="-"/>	7.6 Aparelhos Dilatação <input type="text" value="-"/>
Nº de AMV		<input type="text"/>				
8. Outros Elementos de Via						
8.1 Sistemas de lubrificação		<input type="text" value="-"/>	8.2 Bitola		<input type="text" value="-"/>	8.3 Talude [altura aprox.] <input type="text"/> [m]

FICHA B

1. Elementos da Superestrutura

NOTA: Em situação de emergência atribuir à célula um (E)

[illegible]

NOTA: Em situação de emergência atribuir à célula um (E)

Nº Int. / Ano			
Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4

NOTA: Em situação de emergência atribuir à célula um (E)

Nº Int. / Ano			
Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4

NOTA: Em situação de emergência atribuir à célula um (E)

Nº Int. / Ano			
Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4

NOTA: Em situação de emergência atribuir à célula um (E)

Nº Int. / Ano			
Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4

LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PATOLOGIA EM VIA FÉRREA BALASTRADA

FICHA
B

OBRAS DE BENEFICIAÇÃO

2. Elementos da Subestrutura

2.1. Sub-Balastro

-

Projecto

-

Extraordinária (emergência)

-

NOTA: Em situação de emergência atribuir à célula um (E)

Nº Int. - número de intervenções

Trabalhos identificados no local:

2.1.1 Estabilização/Substituição total

2.1.2 Estabilização/Substituição parcial

2.1.3 Geossintéticos [Geotextil; Geogrelha]

2.1.4 Camadas Impermeabilizantes

2.1.5 Alteração do tipo de elemento

Nº Int. / Ano

Ano 1

Ano 2

Ano 3

Ano 4

2.2. Fundação

-

Projecto

-

Extraordinária (emergência)

-

NOTA: Em situação de emergência atribuir à célula um (E)

Nº Int. - número de intervenções

Trabalhos identificados no local:

2.2.1 Reparação/Substituição dispositivos de drenagem

2.2.2 Estabilização da fundação

2.2.3 Alteração do tipo de elemento

Nº Int. / Ano

Ano 1

Ano 2

Ano 3

Ano 4

LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PATOLOGIA EM VIA FÉRREA BALASTRADA					FICHA C
AVALIAÇÃO E REGISTO DAS ANOMALIAS E SUAS CAUSAS					
1. Anomalias <u>NOTA:</u> Assinalar a anomalia encontrada no esquema representativo apresentado					
1.1. Carril					
An. - anomalia; Cód. - Código	An.	Causas Prováveis/Possíveis	Localização (GPS)	Cód. Filme (min.)	Cód. Foto
1 - Inclinação insuficiente	-				
2 - Inclinação excessiva	-				
3 - Lubrificação insuficiente	-				
4 - Desgaste ondulatório	-				
5 - Desalinhamento / deslocamento dos elementos	-				
6 - Deficiência na bitola	-				
7 - Vestígios de corrosão / ferrugem	-				
8 - Deficiencia na condução de corrente elétrica	-				
9 - Desgaste da cabeça do carril	-				
10 - Deficiência de soldadura	-				
11 - Deficiências de remates em juntas	-				
1.2. Travessas					
An. - anomalia; Cód. - Código	An.	Causas Prováveis/Possíveis	Localização (km)	Cód. Filme (min.)	Cód. Foto
13 - Fissuração	-				
14 - Desnivelamento dos elementos	-				
15 - Elementos soltos	-				
16 - Zonas de concavidade / convexidade	-				
17 - Acumulação de musgos / verdete	-				
18 - Degradação nas fixações	-				
1.3. Fixações					
An. - anomalia; Cód. - Código	An.	Causas Prováveis/Possíveis	Localização (km)	Cód. Filme (min.)	Cód. Foto
20 - Deficiência na montagem da fixação	-				
21 - Falta de elementos	-				
22 - Vestígios de corrosão / ferrugem	-				
23 - Desgaste/Falta/ Deslocamento da palmilha elástica	-				
24 - Elementos soltos	-				
25 - Deficiência na fixação dos carris	-				
1.4. Aparelhos de Mudança de Via (AMV)					
An. - anomalia; Cód. - Código	An.	Causas Prováveis/Possíveis	Localização (km)	Cód. Filme (min.)	Cód. Foto
27 - Lubrificação insuficiente	-				
28 - Desnível	-				
29 - Desgaste	-				
1.5. Balastro					
An. - anomalia; Cód. - Código	An.	Causas Prováveis/Possíveis	Localização (km)	Cód. Filme (min.)	Cód. Foto
31 - Acumulação de musgos / verdete	-				
32 - Deficiência na integridade da camada	-				
33 - Falta de densidade da camada	-				
34 - Deficiência na capacidade de drenagem	-				
35 - Irregularidade Granolometria	-				
36 - Desgaste dos agregados	-				
37 - Contaminação com elementos prejudiciais (de cima para baixo)	-				
38 - Contaminação com finos (de baixo para cima)	-				
1.6. Sub-Balastro					
An. - anomalia; Cód. - Código	An.	Causas Prováveis/Possíveis	Localização (km)	Cód. Filme (min.)	Cód. Foto
40 - Irregularidade granulométrica	-				
41 - Deficiência na capacidade de drenagem	-				
42 - Variação de espessura da camada	-				
43 - Elevados níveis de deformação	-				
44 - Contaminação	-				

LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PATOLOGIA EM VIA FÉRREA BALASTRADA

FICHA
C

AVALIAÇÃO E REGISTO DAS ANOMALIAS E SUAS CAUSAS

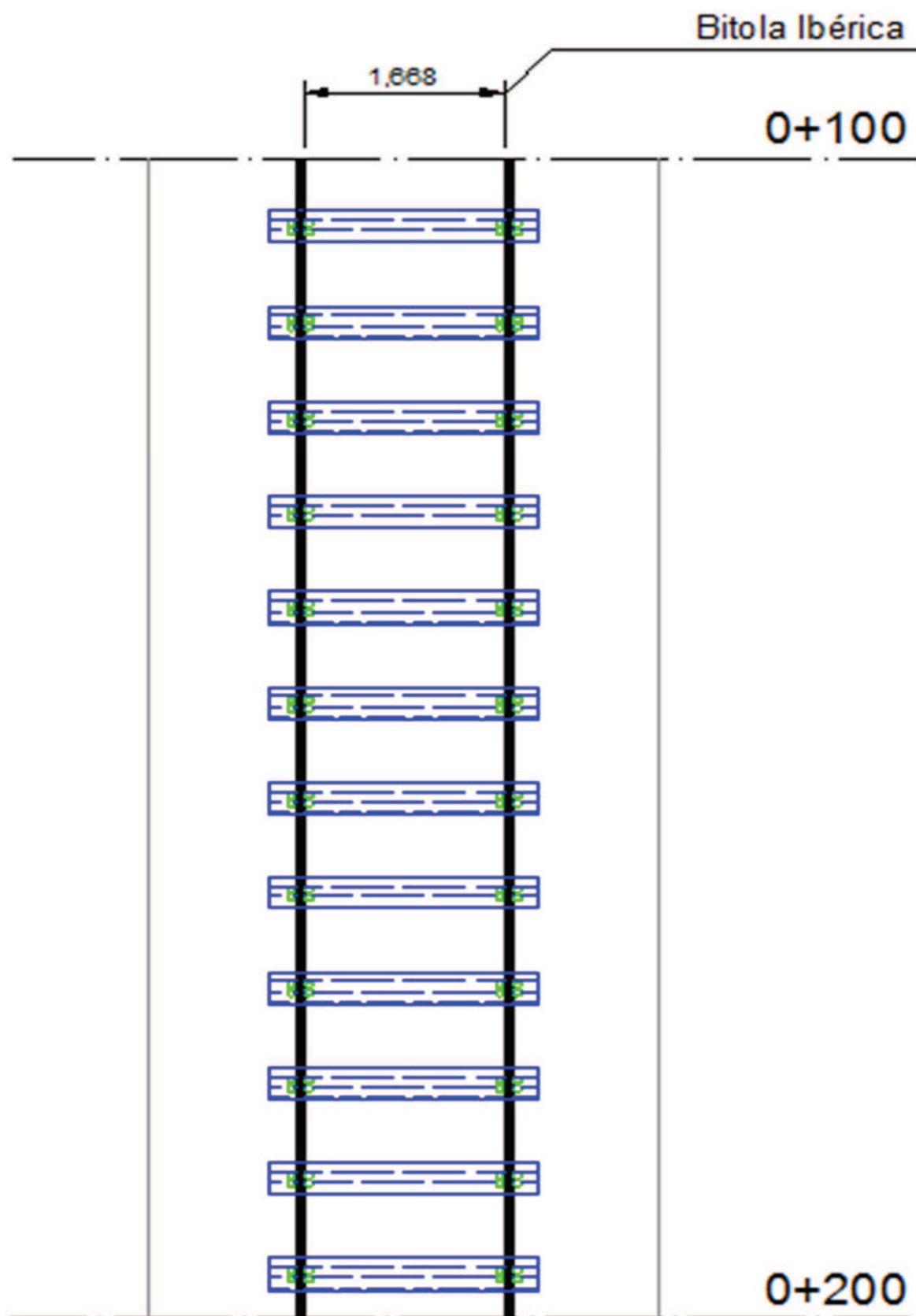
1.7. Fundação

An. - anomalia; Cód. - Código	An.	Causas Prováveis/Possíveis	Localização (km)	Cód. Filme (min.)	Cód. Foto
46 - Inclinação transversal insuficiente	-				
47 - Inclinação transversal excessiva	-				
48 - Deficiências na capacidade de drenagem	-				





2. Causas das anomalias

2.1 Erros de concepção	1 - pormenorização omissa ou deficiente 2 - prescrição de materiais omissa ou deficiente	2.2 Erros de Execução	3 - execução deficiente 4 - não cumprimento do projecto 5 - utilização inadequada de materiais
2.3 Ações Ambientais	8 - acumulação de humidade 9 - chuvas intensas 10 - ventos excepcionais 11 - gelo / degelo 12 - radiação solar / ultravioletas 13 - poluição	2.4 Ações de origem mecânica	6 - cargas excessivas 7 - choques
2.5 Utilização/manutenção	14 - utilização inadequada do espaço 15 - ausência / inadequação de manutenção 16 - alteração de utilização do espaço 17 - envelhecimento natural 18 - vandalismo		

ESQUEMA REPRESENTATIVO DE VIA BALASTRADA ÚNICA EM PLANTA



LEGENDA:

- | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|  | Travessas |  | Carril |
|  | Balastro |  | Fixações |

AVALIAÇÃO E REGISTO DE ANOMALIAS

[illegible]

AVALIAÇÃO E REGISTO DE ANOMALIAS

Empeno3m - Calculado numa base de 3m;

An.

—

An. - anomalia; Cód. - Código

km,inicial

Extensão

Classe de Via

1

Tolerâncias [mm]

Localização [km]

Valor medido
[mm]

Ação de Alerta

Ação de Intervenção

Ação de Imediata

Bitola - Bitola;

An.

—

An. - anomalia; Cód. - Código

km,inicial

Extensão

Classe de Via

Tolerâncias [mm]

Localização [km]

Valor medido
[mm]

Ação de Alerta

Ação de Intervenção

Ação de Imediata

Curva - Representação do traçado em planta;

An.

—

An. - anomalia; Cód. - Código

km,inicial

Extensão

Classe de Via

Tolerâncias [mm]

Localização [km]

Valor medido
[mm]

Ação de Alerta

Ação de Intervenção

Ação de Immediata

